

**REALIDADE VIRTUAL NO ENSINO DA ARQUITETURA**  
APLICAÇÃO À HISTÓRIA DA ARQUITETURA E  
GEOMETRIA DESCRITIVA

**Josemar da Costa Fernandes Pina**

Dissertação para obtenção do Grau  
de Mestre em Arquitetura

**Orientação Científica:**

Professor Luís Miguel Mateus

Professor Victor Ferreira

**Júri:**

Presidente Professor Jorge Nunes

Arguente Professor Francisco Rebelo

Orientador Professor Luís Miguel Mateus

**Documento Definitivo**

Lisboa, FA ULisboa, março 2020



Dissertação para obtenção do Grau  
de Mestre em Arquitetura

**Realidade Virtual no Ensino da Arquitetura**

Aplicação à História da Arquitetura e  
Geometria Descritiva

**Josemar da Costa Fernandes Pina**

**Orientação Científica:**

Professor Luís Miguel Mateus

Professor Victor Ferreira

**Júri:**

Presidente Professor Jorge Nunes

Arguente Professor Francisco Rebelo

Orientador Professor Luís Miguel Mateus

**Documento Definitivo**

Lisboa, FA ULisboa, março 2020



## Resumo

Atualmente, a Realidade Virtual (RV) apresenta-se como uma tecnologia com um enorme potencial e cada vez se verifica mais a sua presença em várias áreas. Uma vez que a Arquitetura é uma dessas áreas, a presente dissertação pretende aplicar e explorar a tecnologia digital de RV, como ferramenta de auxílio ao ensino na área da Arquitetura, nomeadamente, às disciplinas de Geometria Descritiva e História da Arquitetura.

Numa primeira fase, foi realizado um trabalho de levantamento bibliográfico, com o propósito de estudar e analisar alguns conceitos que estivessem ligados à prática desta tecnologia, de forma a serem aplicados na parte experimental desta dissertação.

Numa segunda fase, procedeu-se à componente experimental que se divide em dois casos de estudo no âmbito de duas unidades curriculares no plano de estudos do mestrado integrado em Arquitetura da FA.U LISboa, apresentando uma experiência de RV em cada uma delas. O primeiro estudo teve como objetivo mostrar aos alunos um conjunto de objetos geométricos na disciplina de Geometria Descritiva e Conceptual I (da área disciplinar de Desenho, Geometria e Computação) e contou com a participação de dezanove alunos. O segundo estudo permitiu realizar uma viagem virtual sobre um edifício utópico na disciplina de Cultura da Arquitetura e da Cidade (da área disciplinar de História da Arquitetura, Urbanismo e Design), tendo participado seis alunos. Foi ainda realizado para ambos os estudos, um questionário, de forma a obter-se conclusões sobre as experiências.

Este trabalho permite concluir que a introdução da tecnologia de RV como ferramenta auxiliar, pode ser bastante útil no processo de ensino/aprendizagem.

(255 palavras)

Palavra chave: realidade virtual, ensino, arquitetura, geometria descritiva, história da arquitetura



## **Abstract**

Virtual reality has become a technology with huge potential and its' use in several fields is exponentially growing. Considering that Architecture is one of these fields, the aim of this dissertation is to apply and explore VR digital technology as an auxiliary tool in Architecture's teaching, specifically in subjects as Descriptive Geometry and Architecture's History.

A bibliographic survey was carried out at first in order to study and analyze some of the concepts linked to this technology, so that they could be applied in the practical study of this work.

Afterwards, the practical component – which consisted in two research studies about Architecture's teaching presenting a VR experience – was executed. The first study aimed to display a set of geometric objects to a total of nineteen Descriptive Geometry students. With the second study it was possible to make a virtual trip above a utopian building in the subject of Architecture's and City's Culture and it counted with the participation of 6 students. A questionnaire was also conducted for both studies in order to draw conclusions about the experiments.

With this work we may assume that the introduction of VR technology as an auxiliary tool can be very useful on teaching/learning process.

(200 words)

Key-words: virtual reality, teaching, architecture, descriptive geometry, architecture's history

## ÍNDICE GERAL

<b>Resumo .....</b>	<b>V</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE GERAL .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE ABREVIACÕES .....</b>	<b>XV</b>
<b>CAPÍTULO 1 .....</b>	<b>1</b>
1. INTRODUÇÃO .....	2
1.1 Introdução ao tema .....	2
1.2 Enquadramento do tema .....	2
1.3 Justificação do tema .....	4
1.4 Objetivo e Questão de Trabalho .....	6
1.5 Metodologia Proposta .....	9
<b>CAPÍTULO 2 .....</b>	<b>13</b>
2. COMPONENTE TEÓRICA .....	14
2.1 Conceitos Base .....	14
2.1.1 Ambiente Virtual .....	17
2.1.2 Sensações .....	20
2.1.3 Interação .....	24
2.1.4 Ensino .....	27
2.2 Arquitetura .....	37
2.2.1 Geometria Descritiva .....	38
2.2.2 História da Arquitetura .....	42
2.3 Realidade Virtual .....	45
2.3.1 Definição de Realidade Virtual .....	47
2.3.2 Evolução da Realidade Virtual .....	53
2.3.3 Sistemas de Realidade Virtual .....	63
2.3.3.1 Realidade Virtual de Simulação.....	64
2.3.3.2 Realidade Virtual de Projeção .....	65
2.3.3.3 Telepresença .....	66
2.3.3.4 Realidade Aumentada .....	66
2.3.3.5 Realidade Mista .....	68
2.4 Algumas áreas abrangidas pela Realidade Virtual .....	69
2.5 Realidade Virtual na Arquitetura .....	74
2.5.1 Ferramentas para a Realidade Virtual na Arquitetura .....	76
2.5.1.1 Software .....	76



2.5.1.2 Hardware .....	78
2.5.1.3 Modelação 3D .....	80
2.6 Realidade Virtual no Ensino da Arquitetura .....	81
2.6.1 Realidade Virtual na Geometria Descritiva .....	84
2.6.1.1 Caso de Estudo 1 .....	85
2.6.1.2 Caso de Estudo 2 .....	88
2.6.2 Realidade Virtual na História da Arquitetura .....	90
2.6.2.1 Caso de Estudo 1 .....	91
2.6.2.2 Caso de Estudo 2 .....	93
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>95</b>
3. COMPONENTE PRÁTICA .....	96
3.1 Estudo Prático Geometria Descritiva .....	96
3.1.1 Contexto do estudo .....	96
3.1.2 Metodologia utilizada .....	98
3.1.2.1 Amostra e Local .....	98
3.1.2.2 Equipamentos e programas utilizados .....	99
3.1.2.3 Criação da experiência .....	100
3.1.2.4 Procedimento .....	108
3.1.2.5 Conteúdo do questionário .....	111
3.1.3 Resultados dos questionários .....	112
3.1.4 Análise e discussão dos resultados .....	123
3.2 Estudo Prático Cultura da Arquitetura e da Cidade .....	127
3.2.1 Contexto do estudo .....	127
3.2.2 Metodologia utilizada .....	130
3.2.2.1 Amostra e Local .....	130
3.2.2.2 Equipamentos e programas utilizados .....	131
3.2.2.3 Criação da experiência .....	131
3.2.2.4 Procedimento .....	133
3.2.2.5 Conteúdo do questionário .....	135
3.2.3 Resultados dos questionários .....	136
3.2.4 Análise e discussão dos resultados .....	145
<b>CAPÍTULO 4 .....</b>	<b>149</b>
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	150
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>155</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>165</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

Fig.01: Jogo Second Life.

URL: <https://www.pinterest.pt/pin/7177680630006046/> ..... 3

### CAPÍTULO 2

Fig.02: Ambiente não imersivo.

URL: <http://interatividadeesjsc.weebly.com/realidade-imersiva-e-natildeo-imersiva.html>..... 19

Fig.03: Ambiente parcialmente imersivo.

URL: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-736-Exemplos-de-sistemas-parcialmente-imersivos-a-canto-b-workbench\\_fig8\\_266565989](https://www.researchgate.net/figure/Figura-736-Exemplos-de-sistemas-parcialmente-imersivos-a-canto-b-workbench_fig8_266565989) ..... 19

Fig.04: Ambiente totalmente imersivo.

URL: <http://interatividadeesjsc.weebly.com/realidade-imersiva-e-natildeo-imersiva.html> ..... 19

Fig.05: Disparidade binocular 1.

URL: <https://www.atelierdaimagem.org/v2/modulos/2/disparidade.php> ..... 21

Fig.06: Disparidade binocular 2.

URL: <https://www.atelierdaimagem.org/v2/modulos/2/disparidade.php> ..... 21

Fig.07: Ensino na Mesopotâmia.

URL: <https://mesopotamianhistory.wordpress.com/in-an-ancient-mesopotamian-school-boys-write-on-clay-tablets/> ..... 28

Fig.08: Processos educacionais gregos e romanos.

URL: <https://biotavares.blogspot.com/2011/07/os-processos-educacionais-gregos-e.html>..... 28

Fig.09: Quadro negro à esquerda, quadro digital à direita.

URL: <https://www.moodlelivre.com.br/submit-an-article/potal/noticias-ead/escolas-abandonam-giz-e-investem-em-lousas-digitais> ..... 29

Fig.10: Evolução da sala de aula, 1915-2015.

URL: <https://medium.com/@eugenechantk/how-do-we-educate-the-next-generation-b6e43934e2d5> .. 31

Fig.11: Ensino individual, Adriaen Van Ostade, 1662.

URL: <http://in-learning.ist.utl.pt/modos-de-organizacao-escolar.html> ..... 33

Fig.12: Ensino mútuo (Método Lancaster) sala de aula, 1811.

URL: <http://in-learning.ist.utl.pt/modos-de-organizacao-escolar.html> ..... 33

Fig.13: Ensino simultâneo, em classe.

URL: <http://in-learning.ist.utl.pt/modos-de-organizacao-escolar.html> ..... 33

Fig.14: Gaspard Monge (1746-1818).

URL: [http://scih.org/wp-content/uploads/2014/05/Gaspard\\_monge\\_litho\\_delpech2.jpg](http://scih.org/wp-content/uploads/2014/05/Gaspard_monge_litho_delpech2.jpg) ..... 38

Fig.15: Página do livro Gaspard Monge (1811), projeções de um cone e um plano cortante.	
URL: <a href="https://www.maa.org/press/periodicals/convergence/mathematical-treasures-gaspard-monges-descriptive-geometry">https://www.maa.org/press/periodicals/convergence/mathematical-treasures-gaspard-monges-descriptive-geometry</a> .....	38
Fig.16: Exemplo de um sólido geométrico (icosaedro) em maquete de cartão.	
URL: <a href="https://www.pinterest.ch/pin/8796161743805617/">https://www.pinterest.ch/pin/8796161743805617/</a> .....	41
Fig.17: Exemplo de um sólido geométrico (icosaedro) desenhado em software 3D.	
URL: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=FfGRa3c73mE">https://www.youtube.com/watch?v=FfGRa3c73mE</a> .....	41
Fig.18: Exemplo de uma pessoa com problemas de visão e utilizou a RV para jogar.	
URL: <a href="https://www.alphr.com/virtual-reality/1008932/vr-vision-loss-sight-blindness">https://www.alphr.com/virtual-reality/1008932/vr-vision-loss-sight-blindness</a> .....	51
Fig.19: Fragmento da pintura panorâmica de Roubaud, Batalha de Borodino – 1812.	
URL: <a href="https://www.wikiwand.com/en/Panoramic_painting">https://www.wikiwand.com/en/Panoramic_painting</a> .....	54
Fig.20: Fotografia estereoscópica da Catedral de Notre Dame em Paris, 1860s-1870s.	
URL: <a href="https://www.futurelearn.com/courses/stereoscopy/0/steps/16686">https://www.futurelearn.com/courses/stereoscopy/0/steps/16686</a> .....	54
Fig.21: À esquerda: Edward Link; à direita: The Link Trainer.	
URL: <a href="https://www.xd-cinema.com/sv/virtual-reality-in-the-20th-century/">https://www.xd-cinema.com/sv/virtual-reality-in-the-20th-century/</a> .....	55
Fig.22: View Master.	
URL: <a href="https://clickamericana.com/toys-and-games/vintage-view-master-reels-viewers">https://clickamericana.com/toys-and-games/vintage-view-master-reels-viewers</a> .....	56
Fig.23: Sensorama Simulator.	
URL: <a href="http://web.ist.utl.pt/ist170613/">http://web.ist.utl.pt/ist170613/</a> .....	56
Fig.24: Telesphere Mask.	
URL: <a href="https://sittinginsideanimage.wordpress.com/sensorama-telesphere-mask/">https://sittinginsideanimage.wordpress.com/sensorama-telesphere-mask/</a> .....	56
Fig.25: Headsight da Philco Corporation.	
URL: <a href="https://www.researchgate.net/figure/Le-Headsight-de-Philco-Corporation-1961-Image-extraite-de-Ellis95_fig1_288977556">https://www.researchgate.net/figure/Le-Headsight-de-Philco-Corporation-1961-Image-extraite-de-Ellis95_fig1_288977556</a> .....	57
Fig.26: Ivan Sutherland.	
URL: <a href="https://amturing.acm.org/award_winners/sutherland_3467412.cfm">https://amturing.acm.org/award_winners/sutherland_3467412.cfm</a> .....	57
Fig.27: Sword of Damocles.	
URL: <a href="http://web.ist.utl.pt/ist170613/">http://web.ist.utl.pt/ist170613/</a> .....	58
Fig.28: Videoplace. Myron Krueger.	
URL: <a href="https://artemidiastec.wordpress.com/2015/05/17/realidade-virtual/">https://artemidiastec.wordpress.com/2015/05/17/realidade-virtual/</a> .....	58
Fig.29: Equipamentos de RV da empresa de Jaron Lanier.	
URL: <a href="https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html">https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html</a> .....	59
Fig.30: Jogos de arcade.	
URL: <a href="https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html">https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html</a> .....	59
Fig.31: Óculos VR Sega.	
URL: <a href="https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html">https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html</a> .....	60

Fig.32: Nintendo Virtual Boy.	
URL: <a href="https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Virtual-Boy-Set.jpg">https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Virtual-Boy-Set.jpg</a>	60
Fig.33: Filme Matrix, equipamentos que permitiam a imersão.	
URL: <a href="https://techcrunch.com/2015/06/19/experimenting-with-virtual-reality-financial-services-enter-the-matrix/">https://techcrunch.com/2015/06/19/experimenting-with-virtual-reality-financial-services-enter-the-matrix/</a>	60
Fig.34: Oculus Rift desconstruído- ilustração de Trevor Johnston.	
URL: <a href="http://web.ist.utl.pt/ist170613/">http://web.ist.utl.pt/ist170613/</a>	61
Fig.35: Ambiente imersivo no mundo do Star Wars- Disney World.	
URL: <a href="https://www.travelingmom.com/walt-disney-world/moms-guide-star-wars-virtual-reality-disney-world/">https://www.travelingmom.com/walt-disney-world/moms-guide-star-wars-virtual-reality-disney-world/</a>	64
Fig.36: Experiência de RV CAVE 1.	
URL: <a href="http://piotrkolodyskiitx1000.blogspot.com/2018/01/cave-automatic-virtual-environment.html">http://piotrkolodyskiitx1000.blogspot.com/2018/01/cave-automatic-virtual-environment.html</a>	65
Fig.37: Experiência de RV CAVE 2.	
URL: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=-_5pzb3YvM">https://www.youtube.com/watch?v=-_5pzb3YvM</a>	65
Fig.38: O primeiro tablet, Dynabook.	
URL: <a href="https://blogthinkbig.com/dynabook-2">https://blogthinkbig.com/dynabook-2</a>	67
Fig.39: Experiência de realidade aumentada.	
URL: <a href="https://cubicleninjas.com/2019-augmented-reality-trends/">https://cubicleninjas.com/2019-augmented-reality-trends/</a>	67
Fig.40: Experiência RV mista, Óculos Hololens.	
URL: <a href="https://www.microsoft.com/pt-pt/hololens">https://www.microsoft.com/pt-pt/hololens</a>	68
Fig.41: Óculos Hololens, Microsoft 2016.	
URL: <a href="https://www.lilireviews.com/asus-confirma-oculos-de-realidade-aumentada-para-2016/">https://www.lilireviews.com/asus-confirma-oculos-de-realidade-aumentada-para-2016/</a>	68
Fig.42: Experiência, filme em 4DX.	
URL: <a href="https://pplware.sapo.pt/informacao/batman-vs-super-homem-inaugura-sala-4dx-em-portugal/">https://pplware.sapo.pt/informacao/batman-vs-super-homem-inaugura-sala-4dx-em-portugal/</a>	70
Fig.43: Treino com experiência RV.	
URL: <a href="https://virtualspeech.com/blog/how-is-vr-changing-corporate-training">https://virtualspeech.com/blog/how-is-vr-changing-corporate-training</a>	71
Fig.44: RV na medicina.	
URL: <a href="https://www.simlabit.com/medicalvr/how-to-use-virtual-reality-in-medical-knowledge/">https://www.simlabit.com/medicalvr/how-to-use-virtual-reality-in-medical-knowledge/</a>	72
Fig.45: Logo Worldviz.	
URL: <a href="https://www.silversky3d.com/thecompany">https://www.silversky3d.com/thecompany</a>	78
Fig.46: Logo Unity 3D.	
URL: <a href="https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unity_Technologies_logo.svg">https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Unity_Technologies_logo.svg</a>	78
Fig.47: Logo Unreal Engine.	
URL: <a href="https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:UE_Logo_Black_Centered.svg">https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:UE_Logo_Black_Centered.svg</a>	78
Fig.48: Logo IrisVR.	
URL: <a href="https://irisvr.com/">https://irisvr.com/</a>	78

Fig.49: Logo Simlab Composer.

URL: <https://www.simlab-soft.com/> ..... 78

Fig.50: Logo Enscape.

URL: <https://enscape3d.com/> ..... 78

Fig.51: Gráfico, relativamente à preferência dos alunos quanto à explicação de conteúdos.

URL: [https://www.researchgate.net/publication/228724825\\_The\\_use\\_of\\_virtual\\_reality\\_in\\_education](https://www.researchgate.net/publication/228724825_The_use_of_virtual_reality_in_education) 83

Fig.52: Gráfico, relativamente à compreensão de um determinado estudo.

URL: [https://www.researchgate.net/publication/228724825\\_The\\_use\\_of\\_virtual\\_reality\\_in\\_education](https://www.researchgate.net/publication/228724825_The_use_of_virtual_reality_in_education) 83

Fig.53: Experiência de RV com um dos alunos.

URL: <http://blog.scientix.eu/2018/11/neotrie-vr-new-geometry-in-virtual-reality/> ..... 86

Fig.54: Exemplo Modelo em realidade aumentada.

Desenvolvido pelo autor ..... 89

Fig.55: Experiência de realidade aumentada, visto no telemóvel.

Desenvolvido pelo autor ..... 89

Fig.56: Vista de um espaço da casa. À esquerda: fotografia real; à direita: Realidade Virtual.

URL: <https://www.dezeen.com/2015/04/27/virtual-reality-architecture-more-powerful-cocaine-oculus-rift-ty-hedfan-olivier-demangel-ivr-nation/> ..... 92

Fig.57: Incêndio que aconteceu no Museu Nacional do Rio de Janeiro, em setembro de 2018.

URL: [https://artsandculture.google.com/theme/preserving-the-past/\\_gJCpVjnKrhWKw](https://artsandculture.google.com/theme/preserving-the-past/_gJCpVjnKrhWKw) ..... 93

Fig.58: Exemplo de uma experiência online, da CyArk, túmulo de Tu Duc em Thua Thien-Hue.

URL: <https://artsandculture.google.com/project/cyark> ..... 94

### **CAPÍTULO 3**

Fig.59: Restaurante Los Manantiales, Felix Candela, 1958.

URL: <https://www.pinterest.fr/pin/451485931381359526/?lp=true> ..... 97

Fig.60: Espaço da experiência RV. Geometria Descritiva.

Autoria do presente investigador ..... 98

Fig.61: Óculos HTC Vive, para a experiência RV.

URL: <https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2016/07/oculus-rift-ou-htc-vive-veja-qual-o-melhor-oculos-de-realidade-virtua> ..... 99

Fig.62: Computador usado para a experiência RV.

URL: <https://www.asus.com/pt/> ..... 99

Fig.63: Modelo Animado Cilindróide, Experiência RV.

Desenvolvido pelo autor ..... 101

Fig.64: Modelo Arquitetónico Cilindróide, Experiência RV.

Desenvolvido pelo autor ..... 101

Fig.65: Modelo Animado H. de Revolução, Experiência RV.

Desenvolvido pelo autor ..... 102

Fig.66: Modelo Arquitetônico H. de Revolução, Experiência RV.	
Desenvolvido pelo autor .....	102
Fig.67: Modelo Animado Superfície Arco Enviesado, Experiência RV.	
Desenvolvido pelo autor .....	103
Fig.68: Modelo Arquitetônico Superfície Arco Enviesado, Experiência RV.	
Desenvolvido pelo autor .....	103
Fig.69: Modelo Animado Parabolóide Hiperbólico, Experiência RV.	
Desenvolvido pelo autor .....	104
Fig.70: Modelo Arquitetônico Parabolóide Hiperbólico, Experiência RV.	
Desenvolvido pelo autor .....	104
Fig.71: Modelo Animado Conóide, Experiência RV.	
Desenvolvido pelo autor .....	105
Fig.72: Modelo Arquitetônico Conóide, Experiência RV.	
Desenvolvido pelo autor .....	105
Fig.73: Espaço Jogo Introdutório, Experiência RV.	
Desenvolvido pelo autor .....	106
Fig.74: Espaço Jogo das Superfícies, Experiência RV.	
Desenvolvido pelo autor .....	107
Fig.75: Laboratório de RV.	
Autoria do presente investigador .....	108
Fig.76: Teste prévio na sala de aula.	
Autoria do presente investigador .....	108
Fig.77: Estudo Prático, Geometria Descritiva 1.	
Autoria do presente investigador .....	110
Fig.78: Estudo Prático, Geometria Descritiva 2.	
Autoria do presente investigador .....	110
Fig.79: Cenotáfio de Newton. Ilustração de Boullée.	
URL: <a href="https://www.archdaily.com/614908/society-for-atheistic-spirituality-to-construct-etienne-louis-boullee-s-cenotaph-for-newton">https://www.archdaily.com/614908/society-for-atheistic-spirituality-to-construct-etienne-louis-boullee-s-cenotaph-for-newton</a> .....	128
Fig.80: Cenotáfio de Newton. Ilustração de Boullée, experiência dia.	
URL: <a href="https://www.archdaily.com/614908/society-for-atheistic-spirituality-to-construct-etienne-louis-boullee-s-cenotaph-for-newton">https://www.archdaily.com/614908/society-for-atheistic-spirituality-to-construct-etienne-louis-boullee-s-cenotaph-for-newton</a> .....	129
Fig.81: Cenotáfio de Newton. Ilustração de Boullée, experiência noite.	
URL: <a href="https://www.archdaily.com/614908/society-for-atheistic-spirituality-to-construct-etienne-louis-boullee-s-cenotaph-for-newton">https://www.archdaily.com/614908/society-for-atheistic-spirituality-to-construct-etienne-louis-boullee-s-cenotaph-for-newton</a> .....	129
Fig.82: Espaço da experiência RV. Cultura da Arquitetura e da Cidade.	
Autoria do presente investigador .....	130

Fig.83: Cenotáfio de Newton, experiência dia RV no Enscape.

Desenvolvido pelo autor ..... 132

Fig.84: Cenotáfio de Newton, experiência noite RV no Enscape.

Desenvolvido pelo autor ..... 132

Fig.85: Estudo Prático, reações Cultura da Arquitetura e da Cidade.

Autoria do presente investigador ..... 134

Fig.86: Estudo Prático, teste Cultura da Arquitetura e da Cidade.

Autoria do presente investigador ..... 134

## **ANEXOS**

Figs.87-92 Jogo Introdutório, Geometria Descritiva ..... 166

Figs.93-98 Jogo das Superfícies, Geometria Descritiva..... 168

Figs.99-101 Experiência dia, Cultura da Arquitetura e da Cidade ..... 170

Figs.102-104 Experiência noite, Cultura da Arquitetura e da Cidade ..... 171

Questionário Geometria Descritiva ..... 172

Questionário Cultura da Arquitetura e da Cidade ..... 176

## **ÍNDICE DE ABREVIACÕES**

2D- Duas dimensões

3D – Três dimensões

4D – Quatro dimensões

AC – Antes Cristo

CAVE – Cave Automatic Virtual Environment

FPS – Frames per Second

HMD – Head Mounted Display

HTC – High-Tech Corporation

RV – Realidade Virtual

VPL – Visual Programming Languages

VSDSS – Virtual Space Decision Support System





# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUÇÃO**

## 1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo serão apresentados os seguintes pontos: introdução ao tema; enquadramento do tema; justificação do tema; objetivo e questão de trabalho; e a metodologia proposta.

### 1.1 Introdução ao tema

Atualmente, a Realidade Virtual (RV) apresenta-se como uma tecnologia com um enorme potencial e cada vez se verifica mais a sua presença em várias áreas. Uma vez que a Arquitetura é uma dessas áreas, a presente dissertação pretende aplicar e explorar a tecnologia digital de RV, como ferramenta de auxílio ao ensino da Arquitetura, nomeadamente, às disciplinas de Geometria Descritiva e História da Arquitetura.

### 1.2 Enquadramento do tema

O mundo real e o mundo virtual são dois universos que podem funcionar de forma distinta, assim como em paralelo. Para esta tese, é importante verificar a forma como estes dois mundos se podem conectar, uma vez que a o avanço tecnológico, permitiu que isso fosse possível.

De acordo com o artigo *Real vs virtual world*, do jornal inglês *Gulf News*, Russel Hemmings tem a seguinte afirmação: “...*the virtual world is never far away from our own. Indeed, worryingly, for some people the lines between the real world and the virtual one are becoming increasingly blurred.*” (HEMMINGS, 2015)

Seguindo o argumento da citação acima referida, que corresponde à realidade com a qual nos debatemos, é um facto de que o mundo virtual tem vindo a ser utilizado de diversas formas, podendo inclusive afirmar-se, que o mesmo já faz parte do dia a dia do ser humano.

Reforçando a ideia sobre a utilização do mundo virtual, temos o exemplo de um jogo online, o *Second Life*, que foi criado pela empresa americana *Linden Lab*, em 1999, chegando apenas ao mercado em 2003. Este jogo tem uma grande proximidade com a realidade, ainda que, se desenvolva em torno de um mundo totalmente virtual, tendo em conta que, os

utilizadores podem criar representações virtuais de si mesmo, simulando como o próprio nome indica, uma segunda vida fora do mundo real (Fig.01).

O sistema deste jogo é de carácter simples, uma vez que, para jogá-lo, basta que cada utilizador crie um avatar (personagem virtual), de forma a imergir num ambiente virtual, podendo interagir com pessoas de todo o mundo e fazer uma série de ações, porventura inacessíveis no mundo real, como por exemplo: construir um edifício, ir a uma reunião, assistir a concertos ao vivo, assistir a aulas de faculdade, comprar roupas, visitar e falar com amigos entre outras.

Visto de outra perspetiva, o *Second Life* pode ser entendido como um refúgio para muitas pessoas, que por exemplo, tenham sonhos que não lhes é possível realizar no mundo real e desta forma, recorrem a este meio para realizá-los no ambiente virtual, ou então, pode-se dar o caso de pessoas, que queiram simular determinadas situações, antes de efetuá-las na vida real.

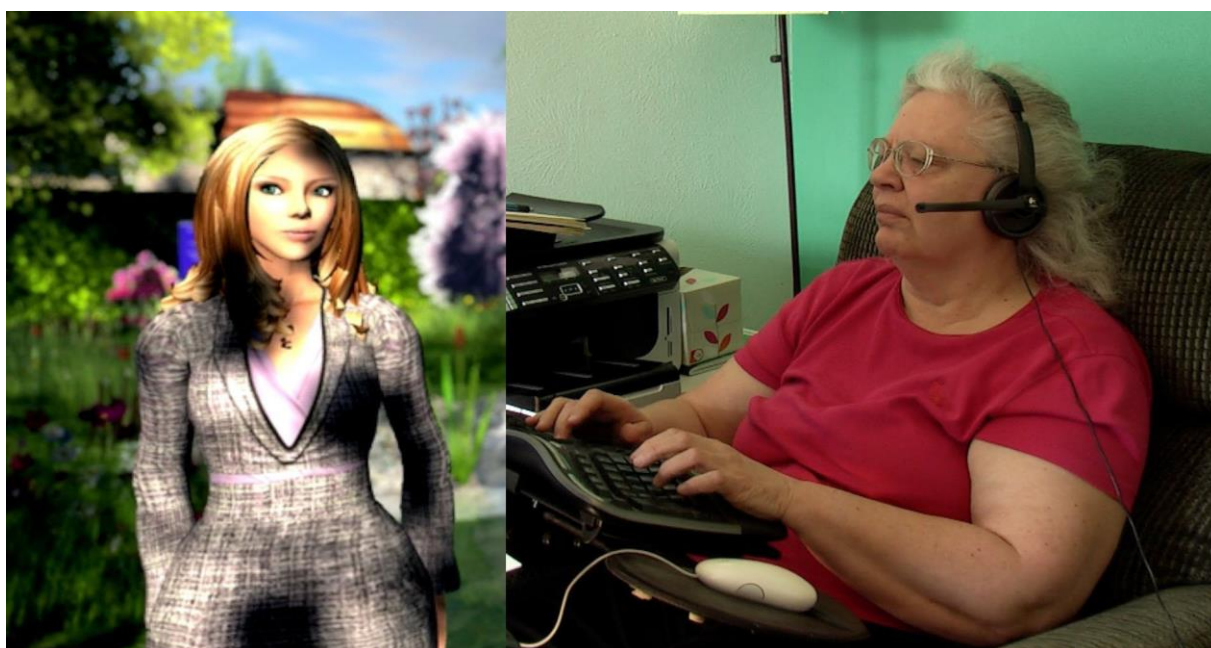


Fig.01: Jogo Second Life.

Como pudemos verificar através do exemplo anteriormente referido, a indústria dos jogos é uma das várias áreas que tem vindo a ser afetada pelos avanços da tecnologia, sendo este caso particular no domínio da realidade virtual. Tendo em conta que, esta dissertação tem como foco a área da arquitetura, durante o desenvolvimento da mesma, mostrar-se-á, de que forma se podem entrosar as duas vertentes, o mundo real e o mundo virtual.

Olivier Demangel, um arquiteto que trabalha para uma empresa de modelação tridimensional em Londres, realça a importância que a realidade virtual tem vindo a ter e continuará a ter ao longo dos anos. Demangel tem uma afirmação curiosa relativamente ao futuro da realidade virtual: *“I used to say that when VR tech matures, it’s going to be more powerful than cocaine”* (DEMANGEL, 2015. Entrevista para a Dezeen).

No fundo, tem sido uma realidade constante, uma vez que atualmente tem-se visto com alguma regularidade a utilização desta tecnologia e a tendência como Demangel refere, é de se tornar como algo viciante ou imprescindível na vida das pessoas.

Fazendo um paralelismo com a tecnologia do telemóvel que é conhecido por todos, pode-se prever através da sua evolução, a importância que a realidade virtual poderá vir a ter para o ser humano.

*“Technology has become an influential factor in our everyday lives. People simply can’t live without it. Today, it’s a rarity for someone to leave the house without their mobile phone. And if they did, you would see them quickly scurry home to collect it.”* (Disponível em <https://www.socialtalent.com/blog/technology/evolution-technology-todays-working-world>).

Se nos questionarmos sobre este tema, provavelmente não se pensaria que este pequeno objeto, se tornasse tão importante, mas a verdade é que as pessoas hoje em dia, não sabem, nem tão pouco conseguem viver sem o telemóvel.

Isto tudo se deve ao grande avanço da tecnologia, que tem vindo a evoluir a um ritmo alucinante e visto que o ser humano está permanentemente em busca de novas ideias, a tendência é que essa evolução, seja algo constante.

Posto isto e tendo como ponto de partida o que foi dito anteriormente, ao longo desta dissertação, pretende-se mostrar através de alguns exemplos, a forma de utilização da tecnologia de realidade virtual no campo da arquitetura.

### **1.3 Justificação do Tema**

Antes de ter entrado para o curso de arquitetura, se havia algo que me fascinava, era o mundo das tecnologias, tanto que na transição do ensino Secundário para o ensino Superior surgiram imensas dúvidas na escolha do curso, tendo em conta que na altura não via uma clara ligação entre as tecnologias e a arquitetura, algo que discordo por completo nos dias de hoje. Após pesquisas relacionadas a cursos que envolvessem esse mundo, apercebi-me que a arquitetura se enquadrava perfeitamente nessa categoria, através de algumas tecnologias que

permitem a visualização tridimensional de um determinado projeto, tais como: a modelação 3D, a renderização fotorrealista ou não, ou até mesmo a simples produção de desenhos de plantas, cortes e alçados de um determinado projeto utilizando o software Autocad. Nesse sentido, surgiu um forte interesse pelo curso de arquitetura, pois o facto de conseguir fazer com que um projeto se tornasse claro através de vídeos ou imagens 3D, foi algo que me cativou imenso.

Optando por um tema que estivesse ligado à tecnologia, surgiu a hipótese de realizar numa primeira fase uma tese com o propósito de explorar a realidade aumentada e a realidade virtual no campo da arquitetura de uma forma geral. Na minha opinião, era um tema bastante vago e, assim sendo, decidiu-se dar mais consistência ao mesmo. Em conversa com os meus orientadores, estudou-se a hipótese de conciliar a realidade aumentada e a realidade virtual e o ensino da Arquitetura, através das aulas de Geometria Descritiva do professor Luís Mateus, por se achar que seria algo benéfico para os seus alunos. Numa primeira iteração, verificou-se que a aplicabilidade da realidade aumentada era difícil devido à reduzida dimensão dos dispositivos, no caso telemóveis. Como consequência, colocou-se o foco na realidade virtual.

Propôs-se ainda, juntar a disciplina de História da Arquitetura, pois seria sempre uma mais-valia englobar este campo, como parte desta experiência. Assim sendo, recorreu-se ao professor Jorge Nunes, por lecionar aulas referentes à área disciplinar da História e por se achar que tinha todo o interesse em incorporar algumas ferramentas tecnológicas nas suas aulas. Depois de se perceber qual o programa a ser lecionado, no caso numa unidade curricular designada Cultura da Arquitetura e da Cidade, delineou-se uma estratégia, e deu-se início a uma experiência de realidade virtual, que tinha como objetivo “transportar”, os alunos a outras épocas veiculando conceitos específicos das mesmas.

Fiquei bastante entusiasmado com o caminho a seguir para o desenvolvimento desta dissertação e fazendo uma pequena análise crítica ao tema proposto, consegui ter a sensibilidade das dificuldades que um aluno por norma tem, quando tenta aprender uma determinada matéria em algumas das disciplinas da arquitetura, nomeadamente na Geometria e na História, sendo estas, o foco principal.

Da experiência que tive enquanto frequentei as aulas, tenho em mente aqueles momentos em Geometria Descritiva, em que por diversas vezes tem-se alguma dificuldade em visualizar por exemplo determinada figura geométrica exclusivamente através das suas projeções horizontal e frontal ou em entender os processos de geração das figuras no espaço.

Temos o exemplo também, na disciplina da História da Arquitetura, quando os professores fazem referência a um determinado edifício antigo de que na maior parte das

vezes, apenas temos algumas breves descrições sobre o mesmo, ou imagens de carácter antigo sem cor, ou até mesmo alguns desenhos técnicos, também estes já desgastados pelo tempo. Estes fatores podem ser condicionantes para não se ter uma noção exata da escala de um edifício, impedindo inclusive de poder experienciar algum tipo de sensações, que o edifício pudesse provocar.

Por tudo isto, pensou-se na possibilidade de introduzir algumas das várias tecnologias que existem no mercado para o ensino, por acreditar que têm um enorme potencial, contribuindo para se tornarem ferramentas de uso corrente no ensino da Arquitetura.

Outro ponto forte que importa salientar, tem a ver com o facto de se poder olhar para estas experiências, como uma forma de tornar as aulas ainda mais interessantes e como forma também, de melhorar a compreensão das matérias por parte dos alunos, pois no meu entender, e pela minha experiência como estudante, tudo o que foge ao “normal” de uma aula, aumenta imenso a atenção e o interesse pelos conteúdos lecionados numa disciplina.

O avanço das ferramentas ligadas à tecnologia e a experiência que vim a adquirir durante este curso, contribuíram de uma forma bastante positiva, para que eu pudesse vir a explorar o mundo virtual e assim garantir, o seu entrosamento com o campo da arquitetura. Tendo em conta o que foi dito anteriormente, é perspetivo que esta dissertação contribua para que haja um melhoramento do ensino, quer do ponto de vista de um aluno, assim como do de um professor, nas disciplinas da área da Geometria e da História.

#### **1.4 Objetivo e Questão de Trabalho**

As pessoas têm contribuído de forma bastante significativa para a evolução de várias áreas de conhecimento no mundo, sendo o ensino uma delas e o grande foco deste trabalho. Não se pode deixar de referir novamente, que tudo se deve ao grande avanço tecnológico, que se tem verificado ao longo destes últimos anos. No meu entender, há que encarar este avanço, como algo positivo e tentar acompanhá-lo da melhor forma possível, caso contrário e como se costuma dizer arriscamo-nos a “ser ultrapassados pelo tempo”.

Muito provavelmente há uns anos atrás, se dissessem aos alunos, que no futuro, a maior parte das aulas seriam dadas em suporte digital e que todo o tipo de informação estaria também ela, numa plataforma que não a convencional (livros), provavelmente recusar-se-iam a acreditar nesta premissa. A verdade é mesmo essa, pois se pensarmos bem na atualidade,

qual é o professor que para mostrar algum tipo de conteúdo ou fazer pequenas apresentações, não recorre a um computador? Praticamente nenhum.

O certo, é que nos dias de hoje, temos acesso a todo o tipo de informação na internet e tanto alunos, como professores, apoiam-se nela como um meio recorrente do seu dia a dia, mostrando claramente quem têm vindo a acompanhar de forma considerável, a evolução tecnológica.

Seguindo a lógica do que tem sido dito até ao momento, pode-se chegar a uma pequena conclusão, que tem a ver com o facto, de que atualmente quase tudo a que temos acesso, apoia-se no mundo tecnológico e assim sendo, porque não fazer o mesmo com a área do ensino? Penso que pode ser uma ótima solução, para resolver algumas das várias questões existentes nesse campo.

Com isto e após várias pesquisas relativamente à forma, de como se poderia garantir o entrosamento do mundo tecnológico e o ensino, nomeadamente, nas disciplinas de Geometria Descritiva e da História da Arquitetura, surge assim a realidade virtual.

O campo da realidade virtual era um pouco desconhecido por mim, ainda que, já tivesse tido contacto com o mesmo, através por exemplo de jogos para a Playstation 4 ou em pequenas demonstrações, que vão surgindo em algumas lojas como a Worten ou a Fnac, que permitem experienciar ambientes virtuais.

Inclusive, achei curiosa uma situação que presenciei, onde basicamente o utilizador sentava-se numa bicicleta e com os óculos de RV postos, começava a pedalar e o que ela visualizava através dos óculos era um percurso, numa montanha, cujo o caminho apresentava curvas e contracurvas, ou seja, uma série de obstáculos, como forma de tornar todo aquele ambiente, demasiado realístico. A “realidade” era tanta, que dada altura, a pessoa caiu da bicicleta e o seu comentário face a este acontecimento foi o seguinte: *“pensava mesmo que estava lá e quando fiz a curva, desequilibrei-me”*.

Analisando o exemplo anteriormente referido de forma a contextualizar, passo a explicar um pouco da funcionalidade desta tecnologia.

Resumidamente, a realidade virtual (RV), vai permitir-nos visualizar um espaço modelado tridimensionalmente, “transportando” o usuário para um espaço completamente virtual, com auxílio de várias tecnologias, conseguindo assim, visualizar e explorar os dados da aplicação em tempo real de um dado ambiente, usando os seus sentidos, particularmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo (SHERMAN E CRAIG, 2003). Com esta definição de RV, consegue-se perceber o porquê de a pessoa ter caído da bicicleta, pois no

fundo, os únicos movimentos que se previam, era o do “pedalar”, mas tendo em conta todo aquele efeito realístico, não foi inevitável fazer outro tipo de movimentos.

Visto que a arquitetura é uma das várias áreas que pode beneficiar com o desenvolvimento das tecnologias e dando grande ênfase, ao que foi referido anteriormente, esta dissertação tem como objetivos, mostrar e explorar as aplicações e os usos da RV no capítulo do ensino, nomeadamente na área da Geometria Descritiva e da História da Arquitetura.

Neste seguimento, pretende-se:

- Testar ferramentas e aplicações de RV nas disciplinas de Geometria Descritiva e História da Arquitetura.
- Avaliar até que ponto a RV, se pode tornar uma ferramenta recorrente durante uma aula de Geometria Descritiva e História da Arquitetura.

A questão de trabalho a que dissertação pretende dar resposta é a seguinte: Como é que através de dispositivos e aplicações da Realidade Virtual, se pode potencializar o ensino das disciplinas de Geometria Descritiva e História da Arquitetura?

Para que se possa responder a esta questão, a tecnologia de RV será testada e avaliada através de um estudo que fará parte de uma aula de cada uma das disciplinas acima mencionadas, surgindo desta forma, a seguinte hipótese: Incorporando esta tecnologia no ensino das duas disciplinas visadas, vão permitir ao utilizador (neste caso o aluno), a visualização e interação de forma mais ou menos imersiva, com modelos tridimensionais virtuais, para que o processo de aprendizagem, se possa tornar mais compreensível.



## 1.5 Metodologia Proposta

Esta metodologia para além da componente de pesquisa e análise documental, pressupõe também da recolha de análise com alguns exemplos práticos que irão acompanhar toda a parte escrita da dissertação.

O ponto de partida deste trabalho, consiste num estudo geral da realidade virtual, que nos permita encontrar uma clara definição desta tecnologia e de que forma é que esta técnica/tecnologia, consegue ampliar a perceção de um aluno, face ao ensino da Arquitetura. Assim, mostrar-se-á as várias fases da RV ao longo dos anos, fazendo referência a algumas tecnologias que contribuíram de forma direta para a sua evolução, acrescentando ainda, o modo de utilização dos métodos de visualização das componentes em 3D, tendo em conta que, as mesmas têm vindo a desempenhar um forte papel nos dias de hoje.

De seguida, a estratégia a ser utilizada, passa por seleccionar casos de referência (modelos já existentes) e avaliá-los, para que se possa familiarizar com a tecnologia visada e aprender alguns métodos de utilização, de forma a aplicá-los na componente prática. Optou-se também, por não se pesquisar casos apenas direccionados ao ensino da arquitetura, pois no meu entender, é interessante verificar o comportamento da RV, face às várias áreas, em que esta, tem vindo a atuar.

A etapa seguinte vai dar início à componente prática, que visa dar apoio ao ensino da Arquitetura, nomeadamente às disciplinas de Geometria Descritiva e Cultura da Arquitetura e da Cidade (disciplina do campo da História da Arquitetura).

Relativamente à disciplina de Cultura da Arquitetura e da Cidade e enquadrando com a matéria lecionada do 1<sup>a</sup> ano do Curso, o professor Jorge Nunes, forneceu-me um *power point* das suas aulas, com informação acerca da história de alguns edifícios de Étienne-Louis Boullée, um arquiteto do séc. XVIII que desenhou uma série de edifícios utópicos (edifícios que nunca foram construídos). Este arquiteto explorava várias dimensões da Arquitetura, nomeadamente: os efeitos da luz através do claro e do escuro; as questões da escala, pois os seus edifícios apresentavam sempre uma dimensão soberba; e até mesmo a nível das sensações que nós como observadores, pudéssemos sentir no ambiente que era criado por ele. Neste caso particular, o edifício a ser estudado é o Cenotáfio de Newton (um planetário), apresentando algumas das características atrás referidas, que serão também explicadas e exemplificadas no desenvolvimento do trabalho, através de um modelo tridimensional, tendo como base duas aplicações de software, um alusivo à modelação 3D e outro, alusivo à visualização em tempo real do objeto em questão.

Quanto à Geometria Descritiva, o processo foi semelhante, no sentido em que, fez-se também um enquadramento da matéria que era lecionada pelo professor Luís Mateus e consequentemente, preparou-se uma série de modelos virtuais, de forma a serem visualizados em RV, como por exemplo, rebatimentos de planos, interseções de linhas, interseções de planos, ou seja, um conjunto de situações, para que os alunos pudessem experienciar algo diferente do habitual que eram as aulas.

Para a prática da tecnologia, tentou-se utilizar as mesmas aplicações de software nas duas disciplinas, para que houvesse assim, uma lógica de trabalho durante o desenvolvimento desta dissertação. Assim sendo, para a preparação dos modelos 3D, serão utilizados os programas Sketchup e Autocad, por já ter bastante prática a trabalhar com os mesmos e ainda, por se adequarem perfeitamente ao que era exigido.

Quanto à prática da realidade virtual, o processo foi um pouco diferente, tendo em conta que, cada disciplina tinha a sua estratégia de apresentação dos modelos em aula e nesse sentido, na Cultura da Arquitetura e da Cidade, foi utilizado um plugin afeto ao Sketchup, chamado Enscape (este software permite a visualização tridimensional, em tempo real), sendo que na Geometria Descritiva, optou-se por outro programa, Simlab Composer 9 (software um pouco mais completo que o anterior referido, pois permite a modelação de um objeto, a realização de pequenas animações e eventos e também a visualização em tempo real).

Para a realização da componente prática, previa-se que o computador apresentasse boas características quanto ao seu desempenho e que fosse de igual forma compatível com as tecnologias acima visadas, para que os programas pudessem desempenhar um bom funcionamento, sem haver os ditos “crashes” (isto acontece quando o computador por norma, tende a ser mais lento ou simplesmente deixa de funcionar, durante o processamento de um determinado programa).

O computador que será utilizado para realizar a maior parte do trabalho, tem as seguintes especificações:

- Processador: Intel I7-8750H CPU 2.2 GHz (Turbo 4.1 GHz)
- Placa Gráfica: NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti – 4GB DDR4
- Memória Ram: 16GB RAM

Ainda que o computador utilizado não esteja no topo do mercado, serviu perfeitamente para criar as experiências previstas.

Após a criação das experiências, a etapa seguinte, passa por fazer as demonstrações em aula, para que os alunos pudessem assim, dar o seu feedback, de modo a extrair-se algumas conclusões sobre as experiências realizadas.

O método aplicado em ambas disciplinas quanto às experiências, será idêntico, uma vez que, proporcionar-se-á um conjunto de cenários virtuais interativos, com o auxílio dos óculos de realidade virtual (Oculus HTC Vive).

Em relação à disciplina de Cultura da Arquitetura e da Cidade, o professor Jorge Nunes fará uma pequena apresentação aos seus alunos a explicar de que forma, a RV pode se entrosar com a matéria dada. Assim sendo, o objetivo da experiência, é averiguar se através da tecnologia em questão, consegue-se veicular as características dos edifícios utópicos reclamadas na arquitetura de Boullée e já atrás mencionadas (as sensações e as noções de escala por parte do ser humano, o conceito de sublime, e a visualização mais pormenorizada sobre alguns detalhes específicos). Este estudo realizar-se-á em sala de aula, com a turma do 1º ano do Mestrado em Arquitetura e contará com a participação de 6 alunos.

Quanto à Geometria Descritiva e para tentar contrariar um pouco a tendência, que é a dificuldade que muitos alunos apresentam durante as aulas, em por exemplo, imaginar um determinado objeto no espaço (sendo este para mim, o grande cerne da questão), o objetivo é proporcionar-lhes uma ferramenta auxiliar e ao mesmo tempo de carácter recorrente, para que possam realizar muitos dos exercícios exigidos, mais intuitivamente, ou pelo menos que facilite a forma de visualização no universo da Geometria. Quanto ao local deste estudo, será em sala de aula, com a turma A do 1º ano do Mestrado em Arquitetura – especialização em Interiores e Reabilitação do Edificado e contará com a participação de 19 alunos.

Ao aprofundar-se o conhecimento da tecnologia anteriormente referida, experienciada pelos alunos, pretende-se avaliar de que forma é que a mesma, pode ser um recurso em aula. Para tal, realizar-se-á um inquérito e acompanhar-se-á todo o processo das experiências dos alunos, com o objetivo de reunir informação acerca dos conteúdos previstos, permitindo ainda, determinar algumas vantagens e inconvenientes no uso desta ferramenta.

Na etapa final, far-se-á uma crítica geral, relativamente aos métodos de visualização de cada disciplina, constando também, algumas considerações sobre esta dissertação, assim como alguns apontamentos que se perspetivam para o futuro do ensino englobando estas tecnologias.



# **CAPÍTULO 2**

## **COMPONENTE TEÓRICA**

## **2. COMPONENTE TEÓRICA**

Este capítulo será essencial para o desenvolvimento desta dissertação, nomeadamente para a parte prática, uma vez que, serão enunciados uma série de conceitos e consequentemente uma procura na explicação dos mesmos. Assim sendo, este capítulo será dividido em seis partes, 2.1 Conceitos Base; 2.2 Arquitetura; 2.3 Realidade Virtual; 2.4 Algumas áreas abrangidas pela Realidade Virtual; 2.5 Realidade Virtual na Arquitetura; 2.6 Realidade Virtual no Ensino da Arquitetura.

No primeiro subcapítulo, serão apresentados alguns conceitos chave, de forma a serem explorados ao longo do trabalho, que no fundo, visa perceber o que é um ambiente virtual e as sensações que o utilizador, que está imerso, pode sentir ao experienciar esses ambientes. No segundo subcapítulo pretende-se mostrar as formas de ensino que são praticadas, fazendo referência também ao ponto fulcral desta dissertação, as disciplinas de Geometria Descritiva e a História da Arquitetura. No terceiro subcapítulo, mostrar-se-á a evolução da realidade virtual assim como a sua definição, através de algumas referências e alguns exemplos que permitem o bom uso desta tecnologia. O quarto subcapítulo, apresenta algumas, das várias áreas existentes, que recorrem ao uso desta tecnologia, em algumas situações específicas. O quinto subcapítulo, tem como objetivo analisar a forma que a realidade e a arquitetura se conectam, mostrando um pouco da sua evolução face à mesma. Por último, no sexto subcapítulo, temos a utilização da realidade virtual no ensino na Arquitetura de uma forma geral e depois, de uma forma mais centrada nas disciplinas de Geometria Descritiva e História da Arquitetura, mostrando alguns casos de referências.

### **2.1 Conceitos Base**

Neste presente subcapítulo, teremos as definições, ou pelo menos uma tentativa de procurar algumas explicações de alguns termos, que são utilizados ao longo deste trabalho tais como: Ambiente Virtual, Sensações, Interação e Ensino.

Procurar saber também de que forma, são lecionadas as aulas nos dias de hoje, é também uma boa estratégia, tanto no ponto de vista de um professor, como a de um aluno, para que seja feita uma comparação em termos estatísticos, dos vários métodos tecnológicos, que já vamos tendo cada vez mais acesso.

*“Most students cannot stay focused throughout a lecture. After about 10 minutes their attention begins to drift, first for brief moments and then for longer intervals, and by the end of the lecture they are taking in very little and retaining even less”* (FELDER e BRENT, 1999).

Um pouco também por experiência própria, pode-se afirmar que existem alturas em que há uma certa dificuldade na compreensão de certas matérias. Esta dificuldade pode ser entendida de diversas formas: por falta de atenção por parte do aluno que em vez de estar atento às aulas, ou está permanentemente a falar com o colega do lado ou está a fazer outra atividade qualquer fora do âmbito escolar; o facto de não se estar tão interessado em determinadas matérias, acaba por ser também um fator muito determinante, para o défice de atenção; podemos também aqui referir, que em determinadas situações, os meios que um professor por norma, utiliza para dar as suas aulas, não é feita da melhor forma, comprometendo assim, a mensagem que ele tenta passar para os alunos; ou simplesmente existem alunos, que por mais vezes que seja repetida uma determinada matéria, estes não conseguem interiorizá-la. Podia-se enumerar uma série de pontos para este tema, mas neste caso, pensa-se que os pontos atrás referidos chegam para chegar a conclusões e consequentemente tentar arranjar soluções para combater essas mesmas dificuldades.

*“We may define good teaching as instruction that leads to effective learning, which in turn means thorough and lasting acquisition of the knowledge, skills, and values the instructor or the institution has set out to impart”* (FELDER e BRENT, 1999).

A meu ver, não basta que os professores usem apenas como recurso uma aula teórica expositiva tradicional pois se, nos dias de hoje já se tem acesso a muitas ferramentas que são utilizadas em várias áreas, dessa forma, há que acompanhar os avanços tecnológicos e introduzi-las no campo do ensino. Ainda que vários professores já venham a utilizar outros métodos de ensino, de forma a obterem um maior sucesso, penso que a tecnologia tem de ser encarada como uma estratégia a ser utilizada cada vez mais, no presente e no futuro, para que possa haver uma maior rentabilidade a nível escolar.

Os alunos precisam de sentir a necessidade de querer aprender e não encararem a escola, como algo negativo e neste sentido há que tentar arranjar alguma forma para despertar o seu interesse.

*“Improving teaching requires identifying problems with existing academic practices and then applying a combination of sound educational and psychological principles to devise a better approach. Such approaches have already been devised. Why not just use them?”* (FELDER e BRENT, 1999).

Relativamente ao ensino da arquitetura, por norma, recorre-se aos métodos mais convencionais, mostrando por exemplo: projetos ou objetos através de desenhos, esquiços, plantas, cortes e alçados, axonometrias, maquetas, modelos tridimensionais, ou até se pode dar o caso de não haver possibilidade de aceder a estes dados anteriormente referidos e assim, apenas existem caracterizações, através de descrições escritas. Podemos afirmar assim, que esta área tende a puxar muito pela imaginação, tendo em conta que o aluno, por vezes, mesmo com as ferramentas disponíveis, não consegue chegar à compreensão de um determinado projeto ou de um objeto em três dimensões, no espaço.

O avanço tecnológico tem vindo a afetar de forma progressiva vários campos e como tal a arquitetura e o ensino não são exceção. Assim, pode-se prever que seja cada vez mais habitual, aparecerem as novas tecnologias no ensino, não só pelo facto de serem ferramentas familiares no dia a dia de um estudante ou um professor, assim como no fundo o ensino, também tem a tendência para evoluir em vários aspetos. Inclusive foi realizado um estudo estatístico nos Estados Unidos da América, mostrando que, a introdução da tecnologia de diversas formas no campo do ensino, aumentou a probabilidade em 87% dos alunos frequentarem as aulas e foi ainda feito outro, relativamente à participação em aula, comprovando que houve um aumento de 72%, prevendo assim um maior aproveitamento, por parte dos alunos.

*“Technology presents a wonderful opportunity to re-shape 21st-century education because it’s popular with students and teachers”* (ROGERS, 2019).

A ideia da “transportação” para um ambiente imersivo, é uma das várias ferramentas tecnológicas que podemos ter acesso e intersetando a mesma, com o capítulo do ensino, pode originar experiências extremamente interessantes, no ponto de vista em que, o aluno estando inserido num determinado espaço virtual, poderá visualizar e efetuar uma série de ações, através das sensações nomeadamente, o tato, a visão e a audição, sendo estes fatores, determinantes para um melhor entendimento e compreensão das questões estudadas em aula. Pode-se inclusive, pensar na realização de novas dinâmicas, tal como por exemplo, simples jogos com intuito de ensinar a matéria em questão, fazendo com que o aluno mostre mais empenho e interesse pelas aulas.



*“They enjoy games and activities which deviated from the normal classroom practice, the lessons they enjoyed engaged them and consequently they felt they learned more. The challenge comes through the complexity or surprise within the game itself”* (PHILPOTT, 2009, p.27).

### 2.1.1 Ambiente Virtual

É importante fazer-se referência e de certa forma, tentar perceber o significado do termo “ambiente virtual”, visto ser um dos elementos importantes para a prática desta tecnologia.

Pelas pesquisas que se realizou, existem várias definições para este mesmo termo, sendo difícil, para muitos chegar a um consenso sobre o seu significado e há, até quem leve este tema, para o campo da filosofia, fazendo um paralelismo entre o “virtual” e o “real”.

Neste caso não interessa tanto seguir essa lógica, mas sim, tentar perceber de que forma se pode “transportar” uma pessoa para um ambiente virtual. Ainda assim, Sherman e Craig têm uma curiosa afirmação mostrando esse ponto de vista:

*“Of course, the real world influences the virtual world. While virtual worlds are imaginary spaces, it can sometimes be unclear where the real world ends and the virtual begins. This is especially true when the virtual world is a model of some place or experience intended to mimic a specific real-world counterpart”* (SHERMAN e CRAIG, 2003, p.41).

Após a pesquisa no dicionário de língua portuguesa, da Porto Editora, do termo “virtual”, verificou-se que tinha o significado de algo que é suscetível de se exercer ou realizar, havendo ainda outro parâmetro direcionado para a informática que tem a ver com algo, que é simulado por programa(s) de computador.

*“A Virtual Environment (VE) is an environment constructed entirely through digital means; performing in a representational, stimulatory and/or experiential way. The increasing sophistication of technology allows for a greater degree of flexibility and freedom within which to create and inhabit architecture.”* (HOLTH e SCHNABEL, 2016).

Segundo Stuart (1996), um ambiente virtual, pode ser definido como uma espécie de computador interativo artificial, desenvolvido por vários software, tendo como objetivo, dar ao utilizador que ali está inserido, uma plena noção de que aquilo, que ele está a visualizar, seja entendido como o “ambiente real”. No fundo, pode ser entendido como uma simulação digital de várias situações, sejam elas reais ou fictícias, nas quais os utilizadores, podem ou não, fazer uma série de ações, através de equipamentos especializados, com o intuito de tornar as experiências, mais ou menos imersivas.

Os ambientes virtuais, podem ter diferentes finalidades e diferentes formas de imersão. Nesse seguimento, podem surgir ambientes: não imersivos, parcialmente imersivos e totalmente imersivos.

Quando falamos de ambientes não imersivos, tem a ver com o facto de haver uma sensação de não-inclusão experienciada pelo utilizador de um espaço virtual, ou seja, a pessoa pode imaginar que está lá inserida, mas na verdade, não consegue visualizar nem tão pouco sentir, esse mesmo acontecimento. Alguns meios dos quais dispomos, para que seja possível usufruir deste tipo de experiência, são por exemplo: os filmes que assistimos num cinema ou na televisão, e que, por breves momentos, se nos abstrairmos de tudo o que nos rodeia, podemos imaginar que aqueles cenários e ações, podem estar a acontecer ao nosso redor; os livros de certa forma conseguem ter esse impacto no nosso cérebro, pois através de descrições ou caracterizações, conseguimos também, imaginar que estamos inseridos num determinado espaço; a simples ação de ouvir uma música, acaba também por ter vários efeitos e de formas diversas em cada um de nós, através do ritmo da própria música; os modelos 3D e os renders no campo da arquitetura, que podem gerar no observador, impressões de estar inserido naquele local que está a visualizar, através do monitor de um computador, onde o utilizador pode interagir com os elementos do ambiente virtual, com o auxílio das ferramentas convencionais, como o rato, o teclado ou até mesmo um joystick (Fig.02).

Quanto aos ambientes parcialmente imersivos, podemos dizer que são aqueles, onde o utilizador já se “insere” no espaço virtual, sendo que, as únicas ações, que o mesmo pode efetuar, prende-se no capítulo da visualização. Assim, através de um conjunto de telas ou monitores agrupados à volta do utilizador, consegue-se ter acesso, por exemplo, a espaços que são criados em 3D. (Fig.03).

Relativamente aos ambientes totalmente imersivos, há uma clara intenção de fazer com que a pessoa que experiencie uma determinada experiência, se sinta como parte do ambiente e que, interaja com os vários elementos que vão aparecendo ao seu redor. Para que isso aconteça, é necessário causar no utilizador, uma série de sensações, sendo o mesmo

possível, através de alguns sistemas que já existem, capazes de estimular a níveis sensoriais, como por exemplo: os capacetes de visualização; as luvas de dados; ou auscultadores (Fig.04). Para além das ferramentas atrás referidas, é importante também realçar alguns pormenores mais técnicos do próprio ambiente, que têm a ver com a forma que nos é apresentada, o pormenor e a qualidade da imagem, o modo de caminhar durante o percurso que é feito e/ou até mesmo a qualidade do som, que pode influenciar as nossas ações de diversas formas.



Fig.02: Ambiente não imersivo.



Fig.03: Ambiente parcialmente imersivo.



Fig.04: Ambiente totalmente imersivo.

*“As the technologies evolve over the years, keep in mind the power of simplicity when making a VR experience. In some cases, maximum realism may be important; however, leaving much to the imagination of the users is also valuable” (LAVALLE, 2019, p.34).*

### 2.1.2 Sensações

*“The human perceptual system has at least five senses providing information to the brain” (SHERMAN e CRAIG, 2003, p.115).*

Antes de se explicar esta temática, é necessário falar-se acerca de uma terminologia que é fundamental para a forma, como se consegue sentir as coisas, que é a “percepção”, que se pode ter sobre tudo aquilo que nos rodeia.

Consultando o dicionário de língua portuguesa, da Porto Editora, verificou-se que o vocábulo “percepção”, é o ato ou efeito de perceber, ou ter noção / conhecimento, de alguma coisa.

*"A perception, therefore, involves giving meaning to a sensation based on what we have experienced and learned.... Perception is important in determining how we will respond to a particular stimulus" (LIGHT, 2005, p.10).*

Tendo em conta a citação acima referida, pode-se reforçar mais uma vez, a ligação existente entre o capítulo das sensações e a percepção. Seguindo essa linha de pensamento, perceber a fisiologia do corpo humano, tal como as ilusões de ótica, que por vezes temos no nosso dia a dia, pode ser muito importante, para que se consiga alcançar a percepção de tudo o que nos rodeia, tendo em conta que, o corpo do ser humano responde aos vários estímulos através dos órgãos dos sentidos.

Nem todas as pessoas têm a percepção do mesmo espaço, de igual forma, devendo-se ao facto, de que, cada pessoa “utiliza”, os seus sentidos de forma diferente para determinadas situações. Nesse sentido, pode-se pensar numa pessoa que seja cega e a maneira que ela vai perceber um ambiente, não será de todo, igual ao de uma pessoa que não o é e que utiliza de uma forma mais recorrente o campo da visão para a percepção de um espaço, neste caso prever-se-á que os seus outros sentidos, atuem de forma a substituir a visão. O mesmo se aplica a uma pessoa que seja surda, pois a sua forma de perceber também será diferente, ao de uma pessoa que não o é. Seguindo essa lógica de pensamento, pode-se afirmar que os órgãos dos sentidos, têm diversas formas de atuar, consoante aquilo que se pretenda para a percepção de algo.

Quando se fala de ambiente virtual, pressupõe-se na criação de um espaço qualquer, possibilitando a imersão de uma pessoa, tal como já foi explicado anteriormente. Assim, é

fundamental, sabermos de que forma é que se consegue “enganar” os sentidos de uma pessoa, para que se saiba exatamente quais os órgãos dos sentidos mais importantes, para se ter a plena percepção das coisas, num determinado espaço virtual (Disponível em <http://web.tecnico.ulisboa.pt/ist188480/cmud/devices.html>).

De acordo com o físico, Vijav Balasubramanian, a realidade virtual é sobre a forma como utilizamos vários truques, que nos permitam ter uma percepção correta das coisas que nos rodeiam, num determinado ambiente virtual.

*“Overall IVE’s provide a direct link between human perception and the environments we create. Every individual perceives their environment in a different way, sub-consciously placing layers of information over their environment to create something a step beyond a purely literal space...”* (HOLTH e SCHNABEL, 2016).

A percepção que se tem de um objeto tridimensional, pode ser gerada através da informação que recebemos dos nossos olhos, para que se possa visualizar o mesmo, juntamente com o campo da audição, através dos nossos ouvidos. Na RV, será possível termos essas sensações, tendo em conta que os sistemas utilizados, permitem ao usuário ter uma imagem em cada olho (disparidade binocular) (Figs. 5 e 6), ligeiramente diferente uma da outra. Estas imagens são combinadas no cérebro e compreendidas com características que possibilitem a noção de profundidade, distanciamento, posicionamento e dimensão. Juntando ainda, como é natural, o som nestes sistemas de RV (FILIPPO et.al, 2007).

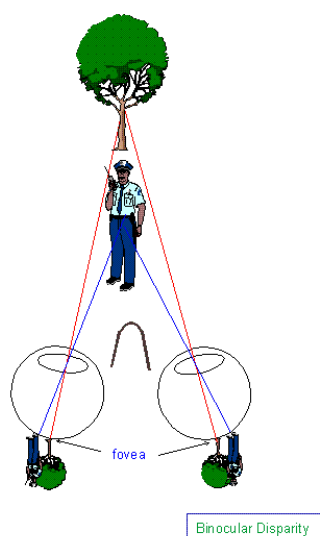


Fig.05: Disparidade binocular 1.

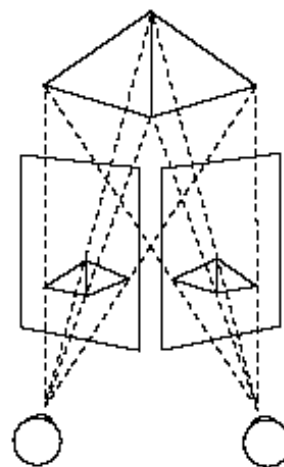


Fig.06: Disparidade binocular 2.

*“As an architectural instrument human perception allows for intuitive decisions to be made that generate not only a physical environment but a ‘perceptual’ environment too”* (HOLTH e SCHNABEL, 2016).

*“The sensation is defined as the awareness and localization of a stimulus, a change in the internal or external environment that leads to a response. Once our brain is aware of sensations, it interprets them, letting us realize the stimulus”* (LIGHT, 2005, p.10).

Recorrendo ao dicionário de língua portuguesa, da Porto Editora e fazendo um enquadramento com o tema desta dissertação, verificou-se que a “sensação” tem o significado de “perceber algo por meio dos sentidos”. De acordo com o senso-comum, sabe-se que são 5, o número de sentidos que um ser humano aufere (a visão, a audição, o tato, o olfato e o paladar), sendo as funções próprias e naturais de cada pessoa.

Os órgãos que estão associados a cada sentido, têm como “tarefa”, enviar determinadas informações para o nosso cérebro, para que cada um de nós, consiga entender e ter a percepção de tudo o que nos rodeia e de acordo com as sensações, poder interagir ou não com o ambiente à nossa volta.

Cada sentido tem o seu grau de importância para as diversas ações que vão sendo efetuadas no decorrer de um dia de uma pessoa e falando um pouco de cada um, para se ficar com uma ideia do seu significado, surgem assim:

- A *visão* trata-se de um ato ou efeito de visualizar algo, ou ter a percepção operada pelos órgãos da vista e fazendo um paralelismo com as tecnologias, pode-se dizer que os nossos olhos, são uma espécie de câmara, que podem focar e desfocar, consoante aquilo que se observa.

*“Although photoreception depends on the stimulation of photoreceptors, the visual process also requires a mechanism for focusing light rays on the retina. In many respects, the image-focusing system of our eyes works on a principle similar to that of a camera”* (LIGHT, 2005, p.75).

- A *audição*, trata-se de um ato ou efeito de ouvir algo, ou ter a percepção de sons que são gerados no meio onde estamos inseridos, através dos nossos ouvidos.

*“The sense of hearing allows us to detect and interpret sound waves, which result from vibrating air molecules. This sense is necessary in normal human life...”* (LIGHT, 2005, p.90).

- O *tato* é o sentido que dá a percepção dos estímulos, em especial os mecânicos, comunicadas diretamente ao cérebro através de neurónios próprios da pele. De acordo com a Enciclopédia de Filosofia de Standford, diz-se que o tato foi o primeiro sentido que o ser humano desenvolveu, comparativamente com os outros sentidos. Do latim, a palavra “tactus” é ação de tocar ou a ação de sentir algo em contacto com o nosso corpo (sensações hápticas). As sensações hápticas de um ser humano, acontecem de 2 formas: através de um feedback cinestésico (força detetada pelos músculos, articulações e os tendões; e através do feedback tátil (tem a ver com tudo aquilo que sentimos, como a sensação do toque, da temperatura, da textura de algo, em relação à nossa pele) (MAZURYK e GERVAUTZ, 1999).
- O *olfato* é o sentido que permite a percepção dos cheiros, através das nossa fossas nasais. De acordo com várias pesquisas realizadas, o ser humano consegue cheirar mais de 1 trilião de aromas, e assim, poder ter várias informações relativamente ao ambiente que o rodeia.

*“Olfaction, the sense of smell—like the sense of taste—originates with chemoreceptors that respond to chemicals in solution”* (LIGHT, 2005, p.44).

- O paladar é o sentido pelo qual se tem a percepção do sabor de qualquer coisa, ou seja, ter o sentido do gosto por algo, através das papilas gustativas. Um dado curioso tem a ver com o facto da palavra sabor vir do latim “taxare”, que tem o significado de sentir / tocar / julgar, mostrando-nos assim, que as origens deste sentido estão de certa forma ligadas ao toque.

*“Gustation, the sense of taste, is conducted by chemoreceptors that respond to chemicals dissolved in watery solution in our mouths”* (LIGHT, 2005, p.34).

Outro aspeto ainda sobre este tema, tem a ver com outro termo que é importante para as experiências RV, denominado *propriocepção*. Recorrendo ao dicionário de língua portuguesa, da Porto Editora, tem o significado de ter a perceção do próprio corpo, o que implica a consciência da postura, das alterações de equilíbrio e do movimento.

No fundo a propriocepção (cinestesia), permite ao utilizador localizar o corpo no espaço virtual, algo que a meu ver, é fundamental para que a experiência em realidade virtual, seja mais imersa possível.

### 2.1.3 Interação

De acordo com o dicionário de língua portuguesa, da Porto Editora, verificou-se que o vocábulo “interação”, tem o significado de ação, ou seja, efetuar qualquer coisa. Esta componente tem vindo a desempenhar um papel muito importante na realidade virtual, podendo afirmar inclusive, que nos dias de hoje, a interação, é algo que já faz parte das experiências de realidade virtual, por parte do utilizador, pois, quando se quer que esta tecnologia simule situações reais, esta ação em ambientes virtuais, será fundamental para que isso aconteça.

*“Interactivity is the potential to receive information from the ensemble of our senses and to construct and configure an alternate reality or to simulate reality” (RUBIO-TAMAYO et.al, 2017).*

Este conceito de “interação”, aplicado à realidade virtual e sendo um aspeto muito importante para o bom funcionamento desta tecnologia como foi referido acima, é frequentemente descrita como a capacidade, que uma pessoa tem, para poder atuar num determinado ambiente virtual, promovendo alterações e reações, às suas ações (FILIPPO et.al, 2007).

Pode-se pensar na indústria de jogos, tendo em conta, as características atrás referidas, que se assemelham bastante ao que se pretende para as experiências de realidade virtual, mas no fundo, o objetivo é mesmo esse, pois fazendo um paralelismo, pode-se verificar o objetivo que ambos têm, que é fazer com que haja um grande envolvimento por parte do utilizador durante uma ação específica.

Após várias pesquisas sobre esta temática, verificou-se que, embora haja uma concordância, sobre a importância desta componente no campo da realidade virtual, existe



uma dificuldade para os investigadores em determinarem exatamente as suas características e as várias componentes que a acompanham, pois cada um tem uma visão diferente, relativamente a este aspeto.

Num trabalho de investigação para a Faculdade de Tecnologia de Delft, Peter van der Straaten, pretende mostrar a definição de “ interação em ambientes virtuais”, através de quatro componentes que julga serem essenciais, para a utilização da tecnologia de realidade virtual, que são: o propósito ou o objetivo que uma determinada experiência, nos pretenda transmitir; a participação de um utilizador, ou seja a pessoa que estará envolvida na simulação virtual; o meio ou a forma pela qual conseguimos experienciar as várias situações pretendidas, com os devidos equipamentos; o conteúdo, que no fundo, é tudo aquilo que se irá experienciar, através de objetos, pessoas e ambientes virtuais (STRAATEN, 2000).

No livro “3D User Interfaces Theory and Practice”, Bowman, refere que, a interação de um usuário num determinado espaço virtual, é dos fatores mais importantes para a utilização desta tecnologia e que está também relacionada, com a capacidade que um computador possui, para detetar e reagir às ações, que vão sendo efetuadas pelo utilizador, promovendo assim, alterações no ambiente que está inserido.

Quando se fala na interação, pode-se dar o caso de não ser apenas em ambientes virtuais, pois, no universo da realidade virtual, temos outro campo agregado que é a realidade aumentada (uma outra componente que será falada e explicada com maior pormenor, mais á frente no decorrer do trabalho), que vai permitir uma espécie de “fusão” entre os dois mundos, tanto o real, como o virtual, e assim, o utilizador poderá interagir de uma forma controlada, com as devidas ferramentas, em ambos os ambientes (BOWMAN, 2005).

*“Any interaction mechanism in the real world can be simulated in VR. Our brains are most familiar with these settings, thereby making it seem most appropriate”* (LAVALLE, 2019, p.34).

Normalmente o tipo de interação que é utilizada nos ambientes virtuais, por ser mais simples e imediata, é a navegação através da movimentação que o utilizador faz no espaço tridimensional, com o auxílio de vários equipamentos que o assim permitem, sendo estes detetados por algum tipo de dispositivo de captura, resultando na visualização de vários pontos de vista do próprio cenário. Neste tipo de interações, não irá acontecer qualquer tipo de alterações no ambiente virtual, uma vez que a única ação realizada pelo utilizador, é o caminhar livremente no espaço e assim, diz-se que o ambiente não é interativo.

*“In addition, the ability to interact with the environment making use of whole body interaction in a natural way appears to favour higher reported presence in comparison with “button-press” types of interaction more suited to two-dimensional displays” (SLATER et.al, 2009).*

Interações que alterem o ambiente virtual, ocorrem quando o utilizador entra no espaço tridimensional e tem a autonomia, para efetuar uma série de ações, como por exemplo: visualizar tudo aquilo que o rodeia, explorar o ambiente onde está inserido, manipular tudo aquilo que lhe é possível naquele espaço virtual, ou mover e alterar objetos que se encontram ao seu dispor. Isto tudo será possível, através dos sentidos, incluindo ainda, os movimentos tridimensionais de translação e rotação naturais do corpo humano. Para este feito anteriormente descrito, dizemos que o ambiente é interativo.

Um dado curioso desta componente, tem a ver com a capacidade que o cérebro tem de absorção de informações, que por sua vez irá transmitir aos órgãos dos sentidos, tornando a interação do utilizador como se fosse mesmo real. Quantas vezes é que por exemplo, durante uma experiência de RV, o utilizador tem a tendência, de forma intuitiva, começar a caminhar, ou apontar para determinadas coisas quem está a visualizar? Muitos inclusive chegam a desviar-se de obstáculos que vão encontrando no ambiente. Tudo isto, são ações, que do ponto de vista do utilizador, são tidas como reais.

*“The requirement to ‘respond as if it were real’ naturally involves interaction, the ability to pick up objects, move through an environment, avoid obstacles, and so on—these are all part of what constitutes the potentiality for a response as if the virtual sensory data were real” (SLATER et.al, 2009).*

De acordo com o que foi dito anteriormente, pode-se afirmar que garantir a imersão neste sistema, é um aspeto fundamental e para que isso aconteça na sua totalidade, é necessário haver interação. Podemos dar um exemplo simples, de uma situação entre uma primeira pessoa que está a tentar comunicar com uma segunda pessoa, que nem sequer responde ou interage, pressupondo-se se, que esta segunda pessoa não está focada, ou seja, não está imersa naquela conversa. Contrariamente a esse facto, podemos ter um outro exemplo, de um grupo de pessoas, que estão a comunicar e a interagir entre si, que podem perder a noção do tempo a passar, dando a ideia que se desligam do mundo á sua volta. Quantas vezes é que isto não nos acontece? O facto de perdermos a noção do tempo ou por

breves momentos esquecermos o mundo à nossa volta, quando estamos por exemplo a conversar ou fazer aquilo de que mais gostamos.

*“As humans interact, it becomes important to track their motions...”* (LAVALLE, 2019, p.8).

Na realidade virtual terá de ser um pouco semelhante ao que foi dito anteriormente e para que se consiga alcançar o sucesso da tecnologia visada através também desta componente, é necessário sabermos e aplicarmos, uma série de estratégias para esse propósito. Nesse sentido é importante verificar os vários comportamentos que o utilizador tem, quando está imerso no ambiente virtual, de forma a confirmar, se são ou não, interações típicas do dia a dia de um ser humano. Comportamentos durante a experiência de realidade virtual, que podem ser por exemplo: as expressões faciais do utilizador, durante uma ação; os tipos de gestos que faz com as mãos; algum tipo de sensação, que possa ser sentida naquele momento; os movimentos do corpo que vai efetuando; entre outros fatores.

No fundo, para que possamos dizer que existe uma total imersão e interação do utilizador, todos estes comportamentos que acontecem no ambiente virtual, terão de ser também, semelhantes fora da realidade virtual.

#### 2.1.4 Ensino

Esta temática engloba um conjunto de conceitos que têm de ser obrigatoriamente explicados, para que através da mesma, se consiga chegar ao objetivo deste trabalho. Com isto, será fundamental perceber-se, como tem sido a evolução do ensino em vários aspetos, desde a forma como eram dadas as aulas, os vários equipamentos que têm vindo a servir de auxílio e a evolução dos vários espaços que são utilizados até aos dias de hoje. É importante também, perceber o papel que um professor por norma tem, para que o aluno consiga absorver de forma correta, tudo aquilo que está a ser lecionado e por outro lado, analisar alguns comportamentos por parte do mesmo, que podem ter influência, na não compreensão de uma determinada matéria. Outro fator de grande relevância que nos interessa analisar e mostrar, tem a ver com alguns métodos, que podem ser utilizados em aula, para que os alunos tenham uma maior motivação e a compreensão nas diversas matérias.

*“Over the years educational models have changed in step with society, adapting to the circumstances and needs of each era. As is only logical, the educational reality today is nothing like that centuries ago”* (F. MOBILE WORLD CAPITAL BARCELONA, 2015).

Pode-se pensar no ensino, como a transmissão de valores e de conhecimentos, acumulados na sociedade, que vão passando de geração em geração. Contextualizando sobre a forma como o ensino evoluiu até aos dias de hoje e recuando no tempo até à pré-história, as mulheres destacavam-se como o elemento fundamental para o ensino das crianças, uma vez que os homens, por norma tinham a função de garantir a sua sobrevivência e caçar. Este ensino tinha um carácter muito primário, tendo em conta que, apenas se transmitiam conhecimentos necessários para atender às necessidades básicas de um ser humano.

Temos o aparecimento das primeiras escolas na Mesopotâmia, em 2000 ac (Fig.07), que basicamente tinham como principal objetivo o ensino da escrita e neste caso, comparativamente à pré-história, já tinham como base do seu ensino, atender às necessidades do cotidiano. Ainda assim, só classes mais privilegiadas é que poderiam ter acesso a estas aulas (Disponível em <https://mobileworldcapital.com/2015/09/14/the-evolution-of-educational-systems-through-history/>).

Pode-se dizer que o ensino nos dias de hoje, deve-se grande parte, à Grécia e posteriormente à Roma antiga (Fig.08) que, procuravam proporcionar aos alunos, uma educação mais abrangente, aparecendo já disciplinas, algumas do nosso conhecimento, como a Educação Física, Música e Aritmética. Havia também na Grécia, o ensino mais no âmbito universitário, sendo que, estas aulas eram lecionadas apenas por professores com muita experiência e com alguma popularidade. De realçar ainda, que estas escolas eram privadas, ou seja, pressupunha-se que apenas as pessoas da elite social, poderiam frequentá-las.

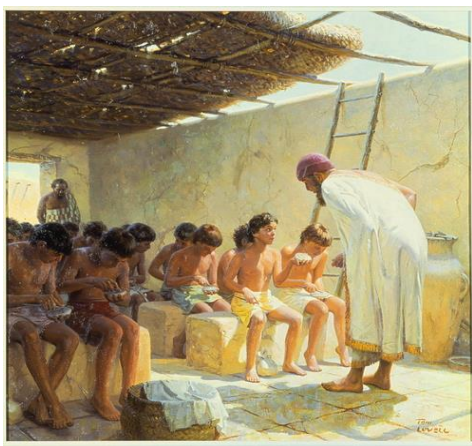


Fig.07: Ensino na Mesopotâmia.

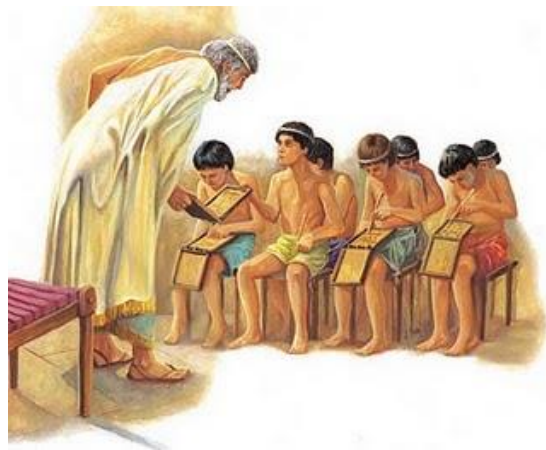


Fig.08: Processos educacionais gregos e romanos.

Diz-se que a época que teve o maior impacto a nível do ensino, foi no séc. XVIII, onde o Estado passou a ser responsável pelas escolas, através de um sistema académico coordenado e assim qualquer um, poderia frequentar as escolas, sendo que até hoje, esse sistema ainda perdura (Disponível em <https://mobileworldcapital.com/2015/09/14/the-evolution-of-educational-systems-through-history/>).

Foi graças aos avanços da tecnologia e à possibilidade da sua integração nas salas de aulas, que o ensino se tem vindo a potencializar cada vez mais, fazendo com que um professor atenda da melhor forma, às necessidades específicas de cada aluno.

*“Technology has the power to transform how people learn...”* (WAKEFIELD, 2015).

Nesse sentido pode-se afirmar, que a tecnologia tem vindo a ser muito importante não só para o aluno, mas também no ponto de vista de um professor, pois oferece um conjunto de ferramentas auxiliares, para que o ensino seja mais eficaz. Muitas destas ferramentas que têm vindo a ser recorrentes numa sala de aula, são olhadas por nós como algo normal, mas a verdade é que há alguns anos atrás, este tipo de materiais, não era de fácil acesso para todas as escolas.

Antigamente era muito natural, um professor dar uma aula através de um quadro negro (Fig.09), onde escrevia com um giz, as informações mais importantes da matéria, com auxílio por exemplo dos seus apontamentos ou do seu livro. Hoje em dia, já existem quadros digitais (Fig.09), que são muito mais práticos para escrever e até mesmo apagar, existindo ainda, marcadores próprios para esses quadros. Algo que acontece também com alguma regularidade nos dias de hoje, é a utilização de aparelhos informáticos, como o computador, ou um tablet que pode servir de base para dar uma aula, permitindo assim, mostrar informações na internet, fazer apresentações digitais, ou seja, uma panóplia de situações que podem ser geradas através do mesmo.



Fig.09: Quadro negro à esquerda, quadro digital à direita.

Muitas ferramentas ligadas ao ensino têm vindo a ser alteradas, devido ao avanço tecnológico, para que uma aula possa ser muito mais dinâmica e prática, acabando também por ter uma maior influência no entendimento de informação, por parte do aluno.

Quando se fala do ensino, importa também salientar o espaço onde são lecionadas as aulas, para que se possa verificar, a possibilidade de integração ou não das diversas ferramentas tecnológicas existentes, como algo natural de uma aula.

O ato do ensinar, tem como principal objetivo, a transmissão de conhecimentos a uma determinada pessoa e como tal pode-se pensar que uma aula, pode ser dada em qualquer espaço, seja ele qual for, desde que haja pelo menos duas pessoas, neste caso (um professor e um aluno). Uma vez que o objetivo deste trabalho é investigar a possibilidade da integração de tecnologias de realidade virtual no ensino, o espaço a ser analisado, será a sala de aula, por ser o mais recorrente no nosso dia a dia.

*“Desde el aula universitaria medieval, con su pùlpito central, hasta las aulas de espacios fl exibles o el aula inteligente de nuestros días, pasando por la gran sala-aula del sistema de enseñanza mutua, la disposición panóptica del aula-anfi teatro, el aula-emulación del sistema jesuita de enseñanza, el aula para seminarios reducidos o el aula frontal del ya tradicional sistema de enseñanza simultánea, el espacio escolar en un sentido estricto –el del aula– ha conocido diversas formulaciones pedagógico-espaciales”* (VIÑAO, 2008, p. 23).

Como se pode verificar através da citação acima referida de Antonio Viñao, a sala de aula foi um espaço que veio a sofrer várias mudanças ao longo dos tempos, evoluindo de uma forma progressiva, atendendo às necessidades que iam surgindo, ou seja, pode-se dizer que esta, foi-se adaptando à semelhança do ensino, mediante as circunstâncias históricas, culturais e sociais.

Falando um pouco acerca da evolução da sala de aula e como foi o seu surgimento, aparece-nos o primeiro modelo simples de uma escola, que foi criado por Horace Man no séc. XIX, denominado de “Escola Comum”, tendo sido utilizado por vários países, obtendo assim algum sucesso naquela altura (Disponível em <https://www.elbeducation.com/blog/the-evolution-of-the-classroom>).

Diz-se que a revolução industrial, teve também algum impacto no ensino, visto que, durante essa época foram lançadas novas leis sobre o ensino, contribuindo para o melhoramento geral nesse aspeto e fazendo com que houvesse uma maior procura, por parte das pessoas em frequentar as escolas. Devido a esse fator, houve uma clara necessidade de se

idealizar um projeto de sala de aula mais padronizado, com uma maior utilidade e maior eficiência, apresentando dimensões mais propícias, tendo em conta o número de alunos. Este espaço, basicamente tinha uma série de plataformas mais elevadas, que no fundo, serviam para os alunos se sentarem, tinham também um conjunto de mesas fixas ao chão, sendo que a nível da configuração, tanto os bancos, como as mesas eram corridas, pressupondo assim de filas com um enorme comprimento.

Em 1930, existe a criação de um modelo de sala de aula, que foi denominado como “ensino ao ar livre”, onde o objetivo do ensino, tinha um carácter mais direto, ou seja, mais centrado no aluno. Estes espaços tinham muito janelas, fazendo com que, o seu interior tivesse muito mais luz e ao contrário dos modelos anteriores, que tinham bancos e mesas corridas, este modelo apresentava mesas mais organizadas e com mais áreas de circulação. Não houve um claro sucesso no ensino através destas configurações, tendo em conta que, o número de alunos era imenso e assim houve a necessidade de abandonar a ideia da criação do ensino mais centrada no aluno (Disponível em <https://www.elbeducation.com/blog/the-evolution-of-the-classroom>).

Nos dias de hoje, as configurações típicas que se encontra numa sala de aula, assemelham-se bastante com alguns modelos de antigamente, com algumas nuances, relativamente às ferramentas de trabalho, ao mobiliário em si (armários, cadeiras e mesas) e até mesmo a nível espacial. De acordo com a sua dimensão, vai permitir também que tanto os professores, como os alunos, possam efetuar outro tipo de experiências, um pouco fora do normal a que estão habituados.

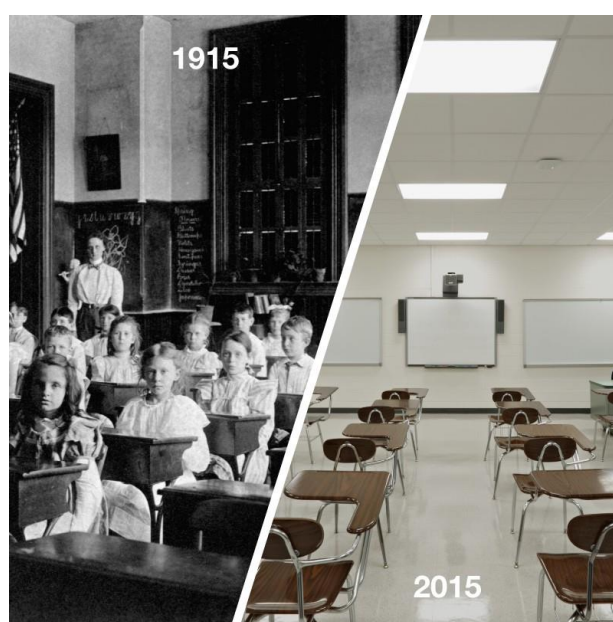


Fig.10: Evolução da sala de aula, 1915-2015.

Uma vez que a configuração das salas foi-se alterando consoantes as épocas, só demonstra que de certa forma, tem vindo a acompanhar também os avanços tecnológicos. Tudo isto, será benéfico para que, possam ser instalados sistemas tecnológicos cada vez mais sofisticados nas salas de aula, para servirem de auxílio recorrente do dia a dia.

Foi publicado um artigo para a revista “The Atlantic”, cujo nome é “Reimagining the Modern Classroom, 2016”, com o objetivo de saber a opinião de algumas pessoas (políticos, professores ou ativistas), do que seria para elas uma sala de aula perfeita. Surgem assim algumas respostas:

*“Os alunos precisam de estar numa sala de aula que os motive, disfrutando de espaços cheios de luz e arejados, onde podem constar ainda, vários exemplos de trabalhos, para servirem de inspiração”* (Rita Pin Ahrens).

*“Os alunos e os professores precisam que as salas de aula, sejam espaços limpos, espaçosos, ventilados e bem iluminados para que possam ensinar e aprender”* (Carol Burris).

*“Nas salas de aula, estarão presentes equipamentos de multimédia”* (Catherine Cushinberry).

*“Cada sala de aula será criada, com base na necessidade que haja, para atingir os vários objetivos de aprendizagem”* (Rita Pin Ahrens).

A UNESCO tem também uma afirmação com esse propósito, indicando que a tecnologia pode contribuir para o acesso ao mundo do ensino e assim à medida que o uso da tecnologia se expande, pressupõe-se que terá um papel cada vez mais significativo no ensino, a nível mundial (Disponível em <https://mobileworldcapital.com/2015/09/14/the-evolution-of-educational-systems-through-history/>).

Outro dado que contribuiu também de forma direta, para as várias fases do espaço da sala de aula, tem a ver com os tipos de ensino que se foram desenvolvendo ao longo dos tempos: ensino individual, ensino mútuo e ensino simultâneo (ou em classe, como estamos mais habituados a dizer).

O ensino individual (Fig.11) acontecia de forma mais direta e pessoal, num espaço com vários alunos distintos quanto ao seu nível de educação, o que em termos de organização, nos dias de hoje não é o pretendido.



No ensino mútuo (Fig.12), já se verifica alguns princípios que são praticados hoje em dia, mostrando assim uma evolução no sentido de organização, tendo em conta que, na própria sala de aula, é feita uma divisão dos alunos através dos seus níveis de aprendizagem. Neste modelo havia também a necessidade de os professores destacarem os seus melhores alunos, para que estes pudessem ajudá-los durante o período de aulas, ainda assim, dado o número exagerado de alunos numa sala de aula, não era o mais indicado, para que se conseguisse ensinar da melhor forma.

O ensino simultâneo (Fig.13) é o que temos em grande maioria dos casos, nas escolas nos dias de hoje, de uma forma muito mais organizada, pois os alunos são divididos por salas, tendo em conta o seu nível de aprendizagem e isto aconteceu de uma forma progressiva, o que possibilitou a realização de novas configurações da própria sala de aula, criando assim, ambientes mais propícios para o sucesso dos alunos (Disponível em <http://in-learning.ist.utl.pt/modos-de-organizacao-escolar.html>).



Fig.11: Ensino individual, Adriaen Van Ostade, 1662.



Fig.12: Ensino mútuo (Método Lancaster) sala de aula, 1811.



Fig.13: Ensino simultâneo, em classe.

*“Learning is fun and exciting, at least when the curriculum is well matched to students' interests and abilities and the teacher emphasizes hands-on activities. When you teach the right things the right way, motivation takes care of itself”* (BROPHY, 2004, p.1).

Falar de bom ensino ou mau ensino, na minha visão é algo muito relevante, pois existem uma série de fatores, que podem influenciar o aluno a não compreender aquilo que o professor o está a ensinar, ou até mesmo pode-se dar o caso de o mesmo, não conseguir transmitir da melhor forma a matéria prevista. Ainda assim e tendo em conta que o aluno acaba por ser a peça central deste universo, a ideia passa sempre por ir de encontro com as necessidades do aluno.

Lev Vygotsky, um teórico do ensino, diz que o bom ensino, é aquele que estimula uma criança a atingir um nível de compreensão, que ainda não domina completamente (Disponível em <https://novaescola.org.br/conteudo/382/lev-vygotsky-o-teorico-do-ensino-como-processo-social>).

Nesse sentido, pretende-se que os alunos encarem as aulas, como um desafio recorrente, de forma a estarem mais “conectados” e envolvidos nos processos de aula. Pretende-se também, que o aluno não deva ser exposto constantemente ao mesmo estilo de aulas todos os dias, tendo em conta que, quando existe essa rotina, pode acontecer, que o seu interesse pelos conteúdos diminua de forma progressiva. Para que isso não aconteça, prevê-se que o professor tenha um papel fundamental, na medida em que, poderá criar um conjunto de estratégias diferentes, para que as aulas sejam muito mais dinâmicas.

Não se pode afirmar que a repetição e a rotina não podem ser de todo a estratégia que um professor deva utilizar, porque se pensarmos em algumas situações específicas, verificamos que esse método é fundamental. Temos o exemplo da disciplina de Matemática que atormenta muitos alunos no decorrer do seu percurso académico e neste caso, é quase obrigatório que os alunos repitam uma série de vezes, determinados exercícios, para que o possam entender na sua totalidade.

*“O papel do educador deverá ser o de facilitador, mediador e orientador da evolução cognitiva e do desenvolvimento global que vai ocorrendo no educando, proporcionando-lhe experiências de aprendizagem que revelem a necessidade de modificar e fazer evoluir os seus significados, bem como o de construir novos significados acerca do que está envolvido nessas experiências”* (SILVA, 2011).

Reforçando novamente a ideia, de que o ensino envolve a presença de um professor e um aluno, como tal, não basta analisar-se, apenas o lado do professor. Existem uma série de comportamentos, que podem influenciar diretamente ou indiretamente, a aprendizagem por parte do aluno e alguns deles, inclusive já foram referidos atrás, mas para este contexto e tendo em conta o tema desta dissertação, aprofundar-se-á, apenas sobre um fator. Surge assim o parâmetro, que a meu ver, é fundamental para o sucesso do aluno, no percurso escolar, que tem a ver com o interesse ou a motivação que os leva a frequentar, ou a prestar mais atenção, em aula.

*“Motivation is subjective and focused on the reasons behind our choices and actions”* (BROPHY, 2004, p.2).

É muito comum ouvir-se comentários como, “*é aborrecido ir á escola*”, ou “*não percebo a matéria*” e quando isso acontece, pode estar ligado com a falta de estímulo que o aluno tem.

É inevitável que, por vezes os alunos tenham esse tipo de comentários, ainda para mais, quando por diversas ocasiões e um pouco por experiência própria, achem que muitas das coisas, que estão a aprender não fazem sentido para o curso, onde estão inseridos.

*“It is hard to just enjoy an activity and “go with the flow” when the activity is compulsory and your performance will be evaluated, especially if you fear that your efforts will not be successful”* (BROPHY, 2004, p.14).

*“The nation needs an education system that excites and stimulates children, providing them with the learning they need...”* (POWELL, 2018).

Pode-se dar o caso inclusive, do aluno prestar o máximo de atenção e ter interesse na matéria que está a ser lecionada e ainda assim, não conseguir chegar ao que é pretendido pelo professor. Nesse sentido, há que tentar motivá-lo de alguma forma e fazer com que sinta prazer naquilo que está a aprender, através de novos métodos, para que ele sinta a necessidade de aprender, tendo em conta que, tudo é que é novo ou que foge ao habitual, há uma tendência de causar a sensação de curiosidade ou despertar um maior interesse. Ainda assim, depende sempre de o aluno envolver-se ou não, numa aula.

*“Even if you have set the stage by making yourself and your classroom attractive to students and by focusing their attention on individual and collaborative learning goals, you cannot expect them to sustain much motivation to learn unless they view the learning as meaningful and worthwhile”* (BROPHY, 2004, p.33).

A EdTechReview (Education Technology), é uma plataforma online onde constam várias notícias e informações atuais, relacionadas ao ensino e como tal, surge um artigo que faz referência a alguns aspetos, que podem ser integrados durante uma aula, para que o aluno consiga aprender da melhor forma possível:

- Fazer atividades, com alguma regularidade, de carácter mais divertido e interativo relacionado com a matéria que estão a lecionar, pode ser uma boa estratégia, para que o aluno se sinta mais motivado e consiga um melhor entendimento dos conteúdos;

- Introduzir a tecnologia como forma de ensino, pode ser algo muito produtivo, tendo em conta que, o mundo hoje em dia, vive de ferramentas tecnológicas, prevendo um maior interesse e desenvolvimento também, da parte mais criativa do aluno;
- Explicar os conteúdos através de tópicos, esquemas ou até mesmo ilustrações, é algo que deve ser também tido em conta, pois nem sempre, basta ler e ouvir, para a compreensão de um determinado tema;
- É muito importante também, que o aluno possa conhecer, ou seja, ir ao local por exemplo, de sítios que são falados em aula, pois o cérebro do ser humano, por norma tem a capacidade de captar mais rapidamente a informação, através da experiência.

(SOOD, 2019)

Os aspetos anteriormente referidos por Soumya Sood, serão fundamentais, para o que se pretende deste trabalho, uma vez que, vai de encontro com a necessidade que existe da integração da tecnologia cada vez mais no ensino, devido ao impacto que esta apresenta nos dias de hoje.

Um relatório anual da *Hanover Research* da empresa *McGraw-Hill* verificou, que 81% estudantes, consideram que ferramentas digitais, como o computador, um tablet e até mesmo o telemóvel, que em alguns casos, já tem vindo a desempenhar um papel, muito semelhante ao de um computador, são bastante úteis para o sucesso escolar (Disponível em <https://www.mheducation.com/news-media/press-releases/2016-digital-study-trends-survey.html>). Este dado, é de facto a realidade com que nos debatemos nos dias de hoje, pois é praticamente impossível ter um percurso académico, sem o auxílio destas ferramentas, principalmente, cursos “mais práticos”, como o caso da arquitetura, que envolve muito trabalho digital.

*“Human beings have taught one another for centuries, and for most of that time everyone invented their own approaches to teaching...”* (KENNEDY, 2019).

Ao longo dos anos foram inventados vários métodos e estratégias para atingirem o sucesso no capítulo do ensino, sempre de acordo com a época em questão e seguindo essa mesma lógica de pensamento, como desfecho deste tema, podemos prever que, num futuro próximo, haverá uma forte tendência de se serem aplicadas cada vez, ferramentas tecnológicas, para uma melhor compreensão dos conteúdos.

## 2.2 Arquitetura

Neste subcapítulo, falar-se-á sobre o conceito de arquitetura e a importância que as disciplinas de Geometria Descritiva e História da Arquitetura têm para este curso e consequentemente para a realização de um projeto de arquitetura. De seguida, mostrar-se-á de uma forma abrangente, de que modo são lecionadas as aulas de ambas disciplinas e ainda perceber de que forma, podem ser também beneficiadas com o avanço das tecnologias.

Responder à questão, sobre o significado do termo “Arquitetura” de uma forma precisa, não é fácil, pois é um tema que abrange um universo bastante amplo e depois de várias pesquisas, verificou-se que, existem uma série de definições para o mesmo, algumas com um carácter mais semelhantes e outras que divergiam em alguns aspetos.

Tendo em conta que, o tema principal deste trabalho, não é centrado na arquitetura propriamente dita, mas sim no ensino das duas disciplinas atrás referidas, optou-se por verificar no site da Faculdade de Arquitetura, Universidade de Lisboa, o seu significado e nesse sentido, surge assim a sua definição:

“A Arquitetura é conhecimento e prática. Trata-se de uma disciplina que se centra na produção do espaço de habitar (em sentido lato), o que implica planejar, projetar e construir para depois acolher a vida humana em processos dinâmicos através do tempo. Através desta atividade, os arquitetos concebem e projetam edifícios, conjunto de edifícios, espaços públicos, urbanos, paisagem e território.

O objetivo principal do curso de Arquitetura é o de formar profissionais, capazes de responder aos desafios que se colocam hoje em dia aos espaços do habitar, nas suas dimensões sociais/culturais, construtivas, económicas e ambientais.” (Disponível em <http://graduacao.fa.ulisboa.pt/index.php/pt/cursos/arquitetura/licenciatura-em-estudos-arquitectonicos-2/arquitectonicos-descricao>)

### 2.2.1 Geometria Descritiva

A Geometria Descritiva é uma das disciplinas visadas para o desenvolvimento deste trabalho, na medida em que, tentar-se-á introduzir ferramentas tecnológicas no seu ensino e como tal é importante sabermos um pouco da sua importância e ao mesmo tempo verificar a sua relação, com a arquitetura.

Dando uma simples definição sobre esta terminologia e recorrendo ao dicionário de língua portuguesa da Porto Editora, a geometria (sentido lato), é o estudo qualitativo da forma e das dimensões, conducente em particular às noções de linha, superfície, comprimento, área, etc. e suas múltiplas relações.

Diz-se que a Geometria Descritiva, foi criado nos finais do séc. XVIII, por Gaspard Monge (Fig.14), que tinha como objetivo a representação de figuras geométricas tridimensionais (Fig.15) e resolução de problemas geométricos, que as envolvessem, mediante projeções ortogonais em dois planos perpendiculares entre si.



Fig.14: Gaspard Monge (1746-1818).

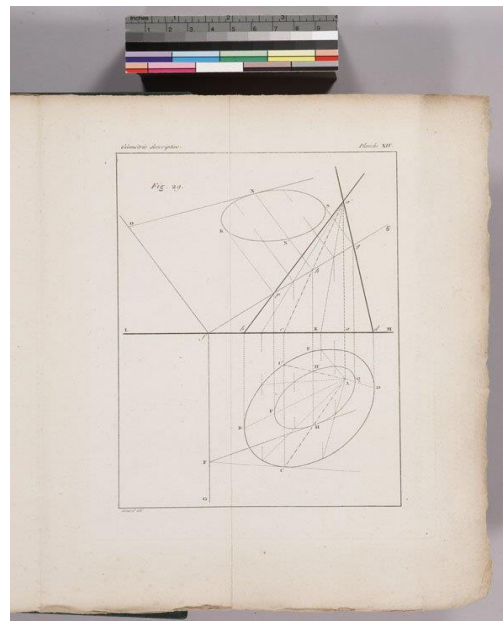


Fig.15: Página do livro Gaspard Monge (1811), projeções de um cone e um plano cortante.

*“In order to design complex objects, an architect must be able to operate with basic forms which automatically implies that he/she has a minimum amount of knowledge about the basic geometric shapes and their characteristics”* (GIUREA et.al, 2014).

A geometria é encarada como uma disciplina do ramo da matemática e através dela, é possível visualizar e ter acesso a um “universo infinito” de figuras e formas geométricas, sendo estes aspetos muito influentes, para o que é pretendido na construção de um espaço arquitetónico.

*“Para o aluno, é igualmente importante fazer a associação do que vai aprendendo à realidade, ou seja, a aplicabilidade da GD numa realidade prática”* (ALVES, 2012. Relatório Final de estágio).

A geometria e a arquitetura têm uma forte ligação entre si, desde os tempos em que o ser humano idealizou as primeiras construções baseadas em estruturas mais regradadas, ou seja, não apenas colocar por exemplo blocos de pedra ou peças de madeira, sem uma ordem específica, mas sim colocá-las, de acordo com uma ideia pré-concebida, para a sua e montagem e é aqui, que a geometria é fundamental, para que tudo isto seja possível (WILLIAMS e OSTWALD, 2017). Ela fornece-nos também, os métodos de visualização de projeção, para que se consiga perceber os desenhos em 2D, correspondentes às projeções por exemplo de um modelo arquitetónico. A partir dessas projeções em 2D (horizontal e frontal), será possível então, construir-se o objeto pretendido em 3D, para uma melhor compreensão e visualização do mesmo, no espaço.

*“In the basic geometrical education for architects we have to introduce the projection methods of parallel and central projection and to teach the characteristics of the multiview method as well as the characteristics of affinity and collineation used for example to get the axonometric or perspective ground figure of a house respectively”* (LEOPOLD, 2006).

Para um estudante de arquitetura, numa fase inicial, é importante aprender a disciplina de Geometria Descritiva, tendo em conta que a mesma, possui um número infinito de figuras e formas geométricas, que podem ser integradas na arquitetura. Assim, a disciplina tem o objetivo de apresentá-las ao aluno, para que possam conhecê-las e experienciá-las, a fim de

perceberem que podem aplicar esse conhecimento, como forma de idealizarem um projeto de arquitetura.

*“The first place anyone looks to find the geometry in architecture is in the shape of buildings, then perhaps the shape of the drawings of the buildings. These are the locations where geometry has been, on the whole, stolid and dormant”* (EVANS, 1995, p.31).

No ensino da Geometria Descritiva e falando um pouco sobre a experiência que já tive, denotei que existem muitos alunos, que não demonstram um grande entusiasmo, no decorrer das aulas e é muito recorrente, queixarem-se dos mesmos motivos, que tem a ver com o método de ensino utilizado.

*“...geometry needs a strong pedagogical approach besides deep knowledge to be able to provide an enjoyable and intellectual atmosphere for students”* (SERIN, 2018).

Por norma, numa aula de Geometria Descritiva, o professor começa por apresentar os conteúdos teóricos, com o auxílio por vezes, de alguns exemplos desenhados no quadro ou através de algumas imagens, que podem servir como referência, para aquilo que ele pretende transmitir. Nesse sentido, a maior parte das vezes é exigido ao aluno, que consiga, imaginar e ter a perceção no espaço, dos objetos ou modelos da geometria, de maneira a efetuarem os exercícios. A verdade é que muitos têm a dificuldade de reconstruir um objeto no espaço, partindo dos conteúdos que foram apresentados e explicados pelo professor, questionando-nos assim, se a metodologia utilizada é suficiente ou não, para que o aluno atinja o conhecimento pretendido.

*“Geometry is one of the primary courses which are difficult to learn and comprehend for students. It is a fact that the success level in geometry is low”* (SERIN, 2018).

Outro método que, de certa forma, já vem a ser utilizado, é o recurso aos modelos tridimensionais, para que o aluno consiga ter uma perceção e uma visão mais ampla, sobre tudo aquilo que está a ser falado. Estes modelos, podem ser por exemplo, maquetas físicas em pequena escala ou até mesmo modelos 3D no computador, existindo uma série de software para esse propósito.

Na minha opinião, penso que este tipo de estratégia acaba por ser interessante, na medida em que o aluno, através de exemplos “reais”, poderá ultrapassar a dificuldade, que é imaginar os conteúdos aprendidos de teor mais abstrato.



*“O aluno precisa de ver os objetos em diversas posições espaciais e nem sempre a combinação de diversos modelos tridimensionais em consonância com o seu manuseio, permitem uma visão clara e explícita. Esta é uma limitação dos modelos tridimensionais. Como tal, é necessário adotar novas metodologias, não para substituir as tradicionais, mas para complementar e fortalecer as aprendizagens” (ALVES, 2012).*

De acordo com a citação acima referida, pode-se verificar que, mesmo com a presença de modelos tridimensionais, pode não ser suficiente para a compreensão total de um determinado objeto no espaço e a par do que se tem vindo a dizer ao longo deste trabalho, relativamente aos avanços tecnológicos, sobretudo como forma da sua integração no campo do ensino, neste sentido prevê-se a utilização de métodos digitais, cada vez mais adaptados às necessidades da disciplina de Geometria Descritiva.

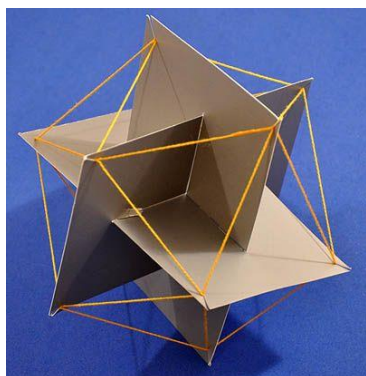


Fig.16: Exemplo de um sólido geométrico (icosaedro) em maqueta de cartão.

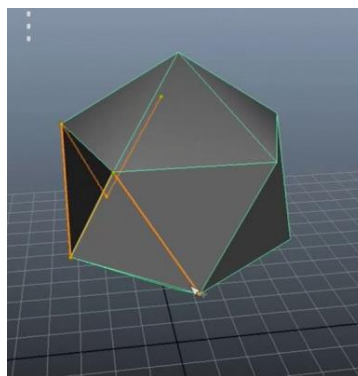


Fig.17: Exemplo de um sólido geométrico (icosaedro) desenhado em software 3D.

*“In modern teaching, geometry is supported by the technology besides making use of some parts of the traditional methods” (SERIN, 2018).*

### 2.2.2 História da Arquitetura

A História é outra área que será explorada no decorrer do trabalho, de forma a verificar a possibilidade de integração dos meios tecnológicos no ensino desta disciplina e nesse sentido, explicar-se-á, um pouco sobre a sua importância e relação face à arquitetura, tal como a forma de ensino que tem vindo a ser praticada.

De acordo com o dicionário de língua portuguesa, da Porto Editora, História é ramo do conhecimento que se ocupado do passado, da sua análise e interpretação, com base em fontes documentais. Esta terminologia é derivada da palavra grega *istoria*, que tem o significado de “conhecimento ou narrativa” e da palavra *historia* em latim, que significa “homem instruído”, que pode ser aplicado a qualquer pessoa, desde historiadores, estudantes, arqueólogos, turistas ou neste caso particular, arquitetos (CHOUDHARY e PIPRALIA, 2017).

*“One mission of architectural history courses is to provide a historical perspective of architectural forms, features, and the characteristics of spaces”* (CHAN e CRUZ-NEIRA 1999).

Um dos objetivos, que se pretende no ensino da História da Arquitetura, é dar a conhecer ao aluno, as várias fases da arquitetura, desde a arquitetura antiga até há contemporânea. Este aspeto, permite ao arquiteto ter uma abordagem, com alguma lógica e critério, na idealização de um determinado projeto, como tem vindo a ser feito, desde os tempos antigos.

Numa fase inicial do curso, o que é costume acontecer e falando um pouco por experiência própria, é que alguns alunos, têm a tendência de realizar um projeto, por vezes, só porque sim, ou porque gostam de uma determinada forma, sem terem definido propriamente um conceito ou uma referência. Nesse sentido, a ideia que o professor, por norma, tenta passar ao aluno, acaba por ter a ver com o que foi dito anteriormente, pois se temos edifícios ou cidades que já foram feitas, há que olhar para elas e analisá-las, de forma a tentar perceber, alguns conceitos que podem estar ali presentes.

*“Cabe ao professor a tarefa de concretizar o ensino da História, recorrendo a estratégias motivadoras baseadas na análise de fontes históricas, que forneçam ao aluno evidência do passado e a partir das quais possa construir-se as explicações históricas sobre aspetos dos fenómenos estudados”* (MOREIRA, 2004).

Ao contrário do ensino da disciplina de História em outros cursos, aqui, o objetivo de estudar a História da Arquitetura, é fazer com que o aluno projete, através do estudo da

sociedade, da cultura de cada país e a ainda, o porquê das várias construções existentes serem como são. Com base nesses aspetos, o aluno pode ainda, verificar se estes podem ou não, influenciar o tipo de arquitetura dos tempos modernos.

*“O ensino da História foi utilizado, ao longo do tempo, para servir variados interesses. Atualmente, pretendemos que o aluno aprenda História, fundamentalmente, para compreender o mundo em que vive e os eventos que o moldaram e para formar a sua cidadania...”* (JANES, 2017).

A organização de uma cidade e as várias culturas existentes pelo mundo fora, são um fator determinante para o sucesso de um projeto arquitetónico, pois se pensarmos por exemplo, em realizar um projeto em Portugal e outro em Cabo Verde, muito provavelmente, tanto o método de construção, como o projeto em si, não terão as mesmas características. Por esse motivo, requer um pré conhecimento destes conteúdos por parte do arquiteto, reforçando novamente a ideia, da importância que esta disciplina mostra ter, para a idealização de um projeto de arquitetura.

*“By studying the classical works, students can have a better understanding of design methods and philosophies, which helps to enhance their design abilities and creativity”* (LI, 2018).

Houve tempos em que o tradicional no ensino desta disciplina, o professor para dar a conhecer todos os fenómenos da história, recorria aos manuais, que apresentavam uma série de narrativas, explicando os vários fenómenos, de acordo com a matéria. Algumas destas narrativas, podiam ainda vir acompanhadas de imagens, que ilustravam esses fenómenos, ainda assim, algumas dessas imagens, não eram tão perceptíveis a nível da qualidade, pelo facto de serem muito antigas. Nesse sentido, pode-se dizer que havia uma certa dificuldade para os alunos terem a perceção exata e neste caso particular da arquitetura, de edifícios mais antigos, porque no fundo, apenas ler sobre os factos ou ver as ilustrações dos livros, podem não ser suficientes, para se ter a plena noção do espaço e da dimensão do mesmo.

*“But nearly all history teachers will agree that history is a peculiarly complex subject to teach, and to learn”* (HUSBANDS et.al, 2003, p.7).

Nos dias de hoje e tendo em conta as ferramentas tecnológicas disponíveis, a tendência é que exista um melhoramento do ensino nesse aspeto, uma vez que já temos acesso, por

exemplo a um universo infinito de imagens e vídeos de alta qualidade, mesmo a nível dos equipamentos, temos também, o computador, o telemóvel ou outros aparelhos que nos podem ajudar nesse sentido. Estas ferramentas podem ser fundamentais, para que aluno possa experienciar de certa forma, tudo aquilo que está a aprender nas aulas.

*“Along those lines, over time, it has become fundamental for aspiring architects to visit historically significant places to gain a firsthand experience of architecture” (PICCOLI e ÖZKAYA, 2016).*

Partilho da mesma opinião que a citação acima referida, pois o ideal seria que os alunos pudessem ter contacto físico com estes edifícios de referência e experienciá-los na realidade, para que pudessem entender de uma melhor forma, tudo aquilo que o professor, lhes dá a conhecer, mas a verdade é que nem toda a gente, tem meios ou disponibilidade, para visitar um edifício na realidade e nesse sentido, nada melhor que nos apoiar nas tecnologias, de forma a tentarmos simular essas viagens.

*“We strive for a breakthrough in teaching reform by integrating and optimizing architectural design teaching and architectural history teaching....” (LI, 2018).*

## 2.3 Realidade Virtual

Uma vez que o tema principal desta dissertação, centra-se sobre esta tecnologia, surge assim, este subcapítulo, que nos permite aspirar a saber o máximo que envolve a Realidade Virtual, desde: a sua definição; a sua evolução; as formas de praticar a realidade virtual; e algumas ferramentas que são utilizadas no seu processo.

*“Immersive and interactive technologies such as Virtual Reality (VR), are a new milestone in the way we interact with our environment, and even how we conceive new approaches in our relationship with reality”* (TAMAYO et.al, 2017).

A realidade virtual é uma ferramenta com um enorme potencial, a nível da sua aplicabilidade em vários campos, como tal, o campo do ensino, não foge à regra e nesse sentido, já se tem verificado a sua utilização, de uma forma progressiva ao longo dos últimos tempos, nessa mesma área. Quando se diz que esta ferramenta tem uma grande margem de progressão, o espectável é que no futuro, possa estar presente em todas as áreas disponíveis. Pode-se prever ainda, que esta tecnologia terá cada vez mais, um forte impacto na nossa sociedade, na medida em que, cada um de nós poderá utilizá-la de diversas formas e fins e nesse sentido, será estritamente essencial, definirmos e analisarmos a sua maneira de operar, tal como, as suas possíveis implicações nos diferentes contextos.

*“...people will be interested in exploring the possible benefits of applying VR to their endeavors”* (SHERMAN e CRAIG, 2003, p.433).

Como já foi dito no capítulo 1, esta dissertação tem como objetivos, mostrar e explorar as aplicações e os usos da Realidade Virtual no ensino da Geometria Descritiva e da História da Arquitetura, mas a ideia aqui, não é apenas que seja uma ferramenta de ensino, de forma a ser utilizada pontualmente ou esporadicamente, mas sim, para que possa fazer parte de uma aula. Tendo em conta que a realidade virtual é uma tecnologia que apresenta muitas possibilidades de perceção e interação ao utilizador num determinado ambiente virtual, pode-se prever que a sua utilização nesse aspeto, não terá um grande grau de dificuldade.

Outro fator com alguma relevância, é a análise que a meu ver, terá de ser feita ao espaço de uma sala de aula, assim como a montagem dos equipamentos referentes a esta

tecnologia, pois se queremos introduzi-la, como algo recorrente, há que garantir, que a mesma não interfira de forma negativa no decorrer de uma aula.

Esta tecnologia já existe há mais de 20 anos e nesse sentido pode-se estranhar o motivo pelo qual, a sua integração nos vários sectores, ter vindo a ser algo demorada, mas a verdade é que em grande maioria dos casos, tem a ver com o seu elevado custo, fazendo com que muitos adiassem ao máximo a sua utilização. Por norma, o que torna tão dispendioso, para que se possa aplicar o uso desta tecnologia, tem a ver com as ferramentas em si, tal como os óculos de realidade virtual, que no fundo, acaba por ser a peça central para a utilização desta tecnologia e assim, requer-se que sejam uns de alta performance, para que modelos mais complexos e com algum detalhe, possam ser visualizados ou experienciados com o maior realismo possível.

*“The video game industry has continued to drive the development of consumer virtual reality unabated”* (MIRABITE, 2019, p.20).

O crescimento da indústria de jogos e o avanço tecnológico, relativamente às ferramentas de realidade virtual, foram fundamentais, para que esta tecnologia pudesse tornar-se um pouco mais acessível a todos, tendo em conta que, já é possível encontrarmos software e hardware com um custo mais reduzido, para a prática da realidade virtual nos vários contextos pretendidos.

*“The first fifteen years of the 21st century has seen major, rapid advancement in the development of virtual reality. Computer technology, especially small and powerful mobile technologies, have exploded while prices are constantly driven down”* (MIRABITE, 2019, p.19).

Atualmente, para além das melhorias que têm vindo a afetar o hardware, houve a necessidade também de produzir alguns equipamentos de carácter mais simples e de baixo custo, como o caso do *Google CardBoard* (basicamente é uma caixa, que possui uns óculos, com lentes biconvexas, criados pela Google, para que através de um smartphone, o utilizador, possa experienciar um conjunto de situações), de forma a permitir até mesmo a uma criança, poder usufruir destas experiências. A par do que foi explicado anteriormente, para o hardware, a estratégia a ser utilizada para o software será semelhante, tendo em conta que, nos dias de

hoje já é possível aceder e trabalhar através de plataformas gratuitas, tal como o *Unity* e o *Unreal Engine*.

*“Pode-se afirmar que a tecnologia de RV oferece, atualmente, uma opção financeiramente acessível para a solução de diversos problemas, ao alcance das empresas e instituições”* (NETTO et.al, 2002).

### 2.3.1 Definição de Realidade Virtual

Para definirmos o significado da terminologia *Realidade Virtual*, é interessante antes de tudo, analisarmos cada uma das palavras que a compõe, de forma a verificar se porventura é possível, chegar a um outro tipo de definição, através dessa forma.

A palavra *Realidade* pode ser entendida como algo que existe de facto, ou seja algo que pode ser percebido pelos sentidos de um ser humano (visão, audição, tato, olfato ou paladar), relativamente á palavra *Virtual*, no contexto deste trabalho, pode-se dizer que é algo, que pode ser gerado por um computador e experimentado num determinado ambiente imersivo, por exemplo através de dispositivos que permitem simular uma série de situações, com o objetivo de “enganar” os sentidos do ser humano.

Analisando as definições dos dois vocábulos anteriormente referidos, podemos chegar à conclusão, que a *Realidade Virtual*, é um termo que se contradiz, ou seja, é um oxímoro, tendo em conta que, são palavras um pouco distintas entre si (JERALD, 2016). Na verdade, o objetivo é mesmo esse, pois a maior premissa na utilização desta tecnologia é fazer com que o utilizador possa entender, que aquele ambiente onde está inserido, tenha o carácter de real, durante o tempo em que está a realizar uma determinada experiência.

Depois de várias pesquisas, verificou-se que existem uma série de definições sobre este termo e como tal, achou-se pertinente destacar algumas, para que através delas, se possa chegar a uma definição mais global e que fosse de encontro com o tema desta dissertação.

De acordo com Ken Pimentel (1995), realidade virtual é o uso de alta tecnologia, que convence o utilizador que o espaço onde se encontra, é outra realidade, sendo uma outra forma de estar e interagir naquele ambiente criado.

John Latta (1994), define realidade virtual, como uma espécie de interface avançada, entre o computador e o homem, onde existe uma simulação de um determinado ambiente de carácter realista, havendo ainda a possibilidade de os utilizadores poderem interagir.

Jason Jerald (2016), define realidade virtual como um ambiente virtual gerado por um computador, onde o utilizador pode interagir e experienciá-lo, como se aquele ambiente fosse real. Ele refere também que, o sistema ideal de realidade virtual, é aquele que permite aos utilizadores caminharem e tocarem nos objetos, como se fosse algo natural e real.

Através da análise das definições anteriormente descritas e indo de encontro com o que é pretendido para esta dissertação, pode-se afirmar que a realidade virtual é o uso da tecnologia do computador, como forma de criar a simulação de um ambiente tridimensional, ou até mesmo dizer que a realidade virtual funciona como uma espécie de portal para uma outra dimensão, onde o ambiente pode ser visualizado e explorado pelo utilizador, sendo que o mesmo, sente-se como se estivesse de facto nesse espaço.

Ao contrário do tradicional, que é visualizar apenas esse ambiente através de um ecrã de computador ou de uma televisão, aqui a ideia, é fazer com que o utilizador esteja imerso, podendo ou não, fazer uma série de ações nesse espaço criado, utilizando os seus sentidos.

De acordo com o livro “Virtual Reality”, de Steven M. LaValle, entender como operam e funcionam os nossos sentidos, é importante para a compreensão dos fundamentos dos sistemas de realidade virtual, pois só através dos mesmos, conseguimos com que as experiências resultem de uma forma exequível (LAVALLE, 2019). Como tal, é necessário fazer uma análise sobre a importância e a contribuição, que cada um dos 5 sentidos terá para o ser humano, surgindo assim abaixo, uma tabela a partir de um estudo que foi realizado, onde Heilig (1992) se baseou para mostrar esses dados em percentagens e por ordem de importância:

• Visão	70%
• Audição	20%
• Olfato	5%
• Tato	4%
• Paladar	1%

*“Sensory feedback is an ingredient essential to virtual reality. The VR system provides direct sensory feedback to the participants based on their physical position”* (SHERMAN e CRAIG, 2003, p.10).

A tabela acima descrita, indica-nos que a visão tem um papel com uma enorme importância e assim sendo, prevê-se ser o sentido que fornece um maior número de informações, que são direcionadas para o nosso cérebro, captando a maior parte da nossa



atenção. Este no fundo, será também o grande ponto de partida para o desenvolvimento desta tecnologia, pois é através do mesmo que se consegue ter uma melhor percepção dos vários ambientes virtuais que serão apresentados e também pelo facto de ser o sentido mais “fácil” de alcançar, tendo em conta as ferramentas tecnológicas, que se consegue ter acesso. A função mais importante deste sentido é determinar a nossa posição no espaço virtual, sendo bastante útil, por exemplo, para determinar distâncias ou ter-se noção dos objetos no espaço que estão ali inseridos.

Em segundo lugar, aparece-nos a audição que apesar de ter uma ainda uma enorme discrepância em termos de valores comparativamente à visão, também tem o seu grau de importância para esta tecnologia. De uma forma simplificada, o som pode indicar-nos uma série de tarefas ou sinalizar algumas características de um ambiente virtual, permitindo assim, ter a capacidade de perceber informações que estão fora do alcance do campo da visão, pois enquanto que, a visão apenas oferece aos utilizadores uma percepção do espaço virtual num ângulo de 180°, a audição permite-nos obter informação em 360°, tendo em conta que o cérebro, tem o poder de captar fontes sonoras vindas de qualquer direção. Alguns exemplos que se pode ouvir durante o uso da realidade virtual: o som dos nossos passos quando estamos a caminhar; alertas sobre eventuais pontos que se pretendam mostrar durante a experiência através de sons que nos permitam, ter essa percepção ou até para que possamos situar-nos espacialmente; o som que se dá, quando colidimos com algum objeto; ou sons, que temos costume ouvir no nosso dia-a-dia, de forma subconsciente.

De seguida temos o olfato, o tato e o paladar, que apresentam percentagens consideravelmente inferiores aos acima referidos, ainda assim faz sentido para este trabalho falar um pouco sobre os mesmos, para que se possa perceber, de que forma é que podem interligar-se com a realidade virtual.

*“The perceptual affordances of 3D immersions with sound, and the integration of haptics and olfactory interactions, suggest a much wider range of mediated learning than has been achievable in the past” (HAI-JEW, 2011, p.7).*

Quando entramos em contacto físico com um objeto, consegue-se ter a percepção da sua existência, através do toque e conseguir simular, exatamente essa mesma sensação virtualmente, apresenta algum grau de dificuldade, que por sua vez, torna-se difícil também, encontrar uma ferramenta que permita esse efeito (SHERMAN e CRAIG, 2003). O tato aparece na tabela de Heilig (1992), como um sentido com pouca relevância, mas a verdade é que nos

dias de hoje, já tem vindo a ser recorrente utilizar este sentido, pois se quisermos fazer com que o utilizador, acredite que uma determinada experiência seja real, o sentido háptico (ato de tocar), será fundamental para esse propósito.

O olfato e paladar, são os sentidos que acabam por ter alguma dificuldade de serem introduzidos nos sistemas de RV, devido ao seu grau de complexidade, como forma de serem percecionados, mas de acordo com os avanços tecnológicos, prevê-se no futuro a integração destes sentidos, para que a imersão de um utilizador, se torne completa.

*“As director of the Imagineering Institute, Malaysia, and founder and director of the Mixed Reality Lab, Singapore, engineer and inventor Dr. Adrian Cheok believes that the future of mixed reality—the integration of the virtual and physical world—belongs to smell, taste and touch” (SOO, 2016.).*

Como foi referido anteriormente, apenas três dos cinco sentidos, aparecem com uma maior força nesta tecnologia. É certo que a realidade virtual já apresenta bastante qualidade em termos de imagem, mas a verdade é que, ainda estamos um pouco distantes daquilo que é visualizar ambientes com a mesma resolução do mundo real, sendo que na minha opinião e graças aos avanços tecnológicos constantes, prevê-se que no futuro, possa vir a ser atingido esse nível.

Pode-se dizer que o ser humano tem uma melhor perceção do mundo em 3D, tendo em conta que, o nosso cérebro e os nossos olhos foram treinados, desde sempre para visualizar objetos em três dimensões, pois se verificarmos tudo aquilo que nos rodeia, não existe uma única coisa, que não tenha essa característica. Imaginemos que se pretende projetar um edifício de arquitetura e como o habitual numa primeira fase de projeto, começa-se por desenhar em papel, alguns esboços a fim de se conseguir ter os desenhos técnicos, nomeadamente, plantas, cortes, alçados para mostrar a um cliente. Por vezes, apresentar a um cliente apenas desenhos técnicos, não é suficiente para a compreensão total de um projeto e como tal recorre-se à modelação 3D, para que ele possa visualizá-lo no seu todo, reforçando a ideia de que o ser humano lida melhor em 3 dimensões. Ainda que sejam modelos em 3D, a forma que os observamos é em 2D, visto que o meio utilizado para visualizar esses modelos, é através de um ecrã de computador. Em todo o caso, já é uma ajuda bastante útil para um melhor entendimento do que se pretende.

Após algumas pesquisas realizadas, verificou-se que, quando se fala que é importante garantirmos uma boa qualidade na realidade virtual, os investigadores fazem muitas vezes

referência à qualidade da imagem que obrigatoriamente tem de ser semelhante à realidade, para que o utilizador se sinta completamente imerso. Discordo de certa maneira com esta premissa, tendo em conta que para mim, a qualidade pode ser entendida de diversas formas por cada um de nós, por exemplo: se quisermos que uma pessoa cega experiencie esta tecnologia (Fig.18), como é natural, a qualidade da imagem não será de todo o mais importante, mas sim a qualidade do som e o modo de interação, terão de assumir o papel principal; por outro lado, para uma pessoa que seja surda e pretenda utilizar esta ferramenta, o som será prescindível e nesse caso, requer-se que a imagem e a possibilidade de interagir com elementos no ambiente, tenham qualidade para uma melhor compreensão do espaço; ou simplesmente pode-se dar o caso, dos utilizadores valorizarem mais a qualidade de certos aspetos, de acordo com a meta que pretendem atingir, através do uso da realidade virtual.



Fig.18: Exemplo de uma pessoa com problemas de visão e utilizou a RV para jogar.

*“A rare disease robbed me of my sight. VR brought it back”*

*“To create quality VR, we need to continuously ask ourselves and others questions about how we perceive the VR worlds that we create” (JERALD, 2016, p.2).*

Para avaliarmos a qualidade desta tecnologia, é necessário ir de encontro com as necessidades de cada pessoa, através de por exemplo, questionários antes e depois da utilização da realidade virtual, para que a experiência tenha o fim desejado.

Obviamente que há de se ter em conta, que a qualidade e a potência dos equipamentos são aspetos importantes para o desenvolvimento da realidade virtual, ainda assim, na minha opinião, os sentidos são o elemento fundamental para o sucesso desta tecnologia.

*“Virtual reality makes between 40% and 70% of people feel nauseated”* (KIM, 2019).

De acordo com a citação acima referida, através de um estudo realizado, verificou-se que entre 40% e 70% das pessoas que experienciam esta tecnologia, sentem-se maldispostas, por diversos motivos. Pode acontecer, que o utilizador tenha náuseas ou dores de cabeça, por não estar habituado a este tipo de experiências e na maior parte dos casos tem a ver com o facto, do cérebro ter de processar muito mais do que o habitual, de forma a interpretar os vários estímulos que esta tecnologia nos transmite (LAVALLE, 2019).

*“Most VR systems suffer from some amount of lag time between user movements and the update of the display”* (SHERMAN e CRAIG, 2003, p.134).

O tempo de atraso numa experiência de RV é outro fator que pode contribuir para o mau estar do utilizador, pois pode acontecer que, o equipamento responsável pela geração de imagem, não tenha a capacidade exigida pela tecnologia. Por norma, o ser humano, está habituado a visualizar vídeos com taxas de frames por segundo (FPS), superior a 24 / 25, que é o número padrão no caso dos filmes que estamos acostumados a ver, ainda assim, os nossos olhos têm a capacidade de visualização de taxas superiores a essas.

Para uma experiência de RV, esses números não são suficientes para o bom desempenho da tecnologia e nesse sentido, para que o nosso cérebro seja “enganado”, de forma a ter uma plena perceção do ambiente virtual, prevê-se que a taxa mínima para esse efeito, seja de 90 FPS, caso contrário notar-se-á um grande atraso da imagem projetada pelo computador, resultada de uma ação no mundo real.

*“Latency is another cause of stress on the viewer's perceptual system, which often manifests itself as nausea or headaches”* (SHERMAN e CRAIG, 2003, p.134).

Atrasos de 50ms, ainda que sejam aceitáveis para o cérebro do ser humano, pode influenciá-lo a não interpretar de forma correta todas as informações que se pretende, mas se falarmos de atrasos de 100ms, há uma forte tendência, para que a experiência seja comprometida, causando o tal mau estar no utilizador.

Pelos motivos enunciados anteriormente, é crucial que haja um tempo de adaptação a esta tecnologia, para que uma pessoa que experimente estes sistemas de RV pela primeira vez se possa habituar à mesma. Por norma, cria-se uma experiência padrão de carácter bastante

simples, para que os utilizadores verifiquem o seu nível de conforto e possam dominar as mecânicas da experiência virtual. Ainda assim, pode não ser suficiente, para que o usuário não sinta qualquer tipo de distúrbios (MIRABITE, 2019).

### 2.3.2 Evolução da Realidade Virtual

Embora o tema desta dissertação seja centrado sobre o ensino da arquitetura nas áreas da Geometria Descritiva e História da Arquitetura aplicando a realidade virtual, é importante ter uma visão geral da evolução das tecnologias, de forma a perceber-se como foi de facto o seu surgimento. Será importante explorar-se alguns dos marcos que foram tendo impacto na sua época ao longo destes últimos anos, na medida em que muitos deles, têm uma influência direta ou indireta para certas tecnologias que temos acessos nos dias de hoje. De seguida, apresentar-se-á uma linha temporal com alguns desses aspetos mais relevantes, que serviram de base, para que a realidade virtual fosse possível de ser exercida atualmente.

O termo *realidade virtual*, foi associado a Jaron Lanier em 1980, no entanto é necessário recuar no tempo, para que se tenha uma contextualização a nível da evolução da realidade virtual, tendo em conta que esta já vinha a ser utilizada anteriormente ao seu nome ter sido oficialmente associada a Jaron Lanier (Disponível em <https://www.fi.edu/virtual-reality/history-of-virtual-reality>).

*“Throughout time, humans have used visual-based methods to help them remember information - from early cave drawings to modern day video”* (ROGERS, 2019.).

Sendo que uma das premissas da realidade virtual é a criação de um espaço, para que o ser humano possa usufruir do mesmo de diversas formas, podemos encontrar a primeira tentativa de representar essa tecnologia no final do séc. XVIII e início do séc. XIX, onde surgem as pinturas panorâmicas. A palavra “panorâmica”, surge em 1787, que foi utilizada e patenteada pelo pintor escocês, nascido na Irlanda, Robert Baker. Esta técnica de pintura, envolvia uma manipulação de perspetivas, com vários pontos de fuga, tendo como principal objetivo, mostrar ao observador, uma paisagem num campo de visão de 360°, tentando desta forma transmitir a ideia de estarmos completamente inseridos nos espaços que constavam nas pinturas. Foi algo que a meu ver, marcou e contribuiu para o primeiro contacto por parte das pessoas com o mundo virtual, pois a ideia de mostrar o máximo possível de informação numa

só imagem e fazê-las imaginar que estão inseridas nessa pintura panorâmica, mostrava uma forte intenção de simular um outro mundo, que não o real (Fig.19).



Fig.19: Fragmento da pintura panorâmica de Roubaud, Batalha de Borodino – 1812.

Em 1838, Charles Wheatstone surge com a pesquisa da terminologia “estereoscopia” e a sua definição, que o levou a construir um equipamento para esse propósito, denominado estereoscópio. Este equipamento, demonstra que o cérebro humano é capaz de processar duas imagens bidimensionais distintas com o auxílio dos nossos olhos. No fundo, para a utilização deste aparelho, temos 2 imagens exatamente iguais colocadas lado a lado e o objetivo é que, cada olho visualize cada uma das imagens em separado, de forma a combiná-las num único objeto tridimensional (Fig.20). Assim, irá transmitir ao utilizador, uma sensação de profundidade e imersão. Essa invenção de certa forma foi revolucionária, uma vez que abriu portas a várias tecnologias que se usam hoje em dia, como por exemplo, filmes em 3D e os óculos de realidade virtual.



Fig.20: Fotografia estereoscópica da Catedral de Notre Dame em Paris, 1860s-1870s.



Em 1929 surge uma tecnologia com carácter direccionado para a realidade virtual, quando Edward Link cria o “Link Trainer, The First Flight Simulator”, tendo sido provavelmente dos primeiros exemplos de simuladores de voos e contribuído de forma bastante significativa para o desenvolvimento da aviação (Fig.21). Com este equipamento, era possível para o usuário ter a sensação de estar a pilotar um avião na realidade, através de simulações de turbulências, distúrbios, ou seja, todo aquilo que era espectável acontecer durante um voo. Esta ferramenta teve um grande impacto durante a Segunda Guerra Mundial, uma vez que foi usada como forma de treino por vários pilotos, permitindo uma clara minimização de custos e garantindo uma maior segurança quando fossem de facto, pilotar um avião na realidade (Disponível em <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>).

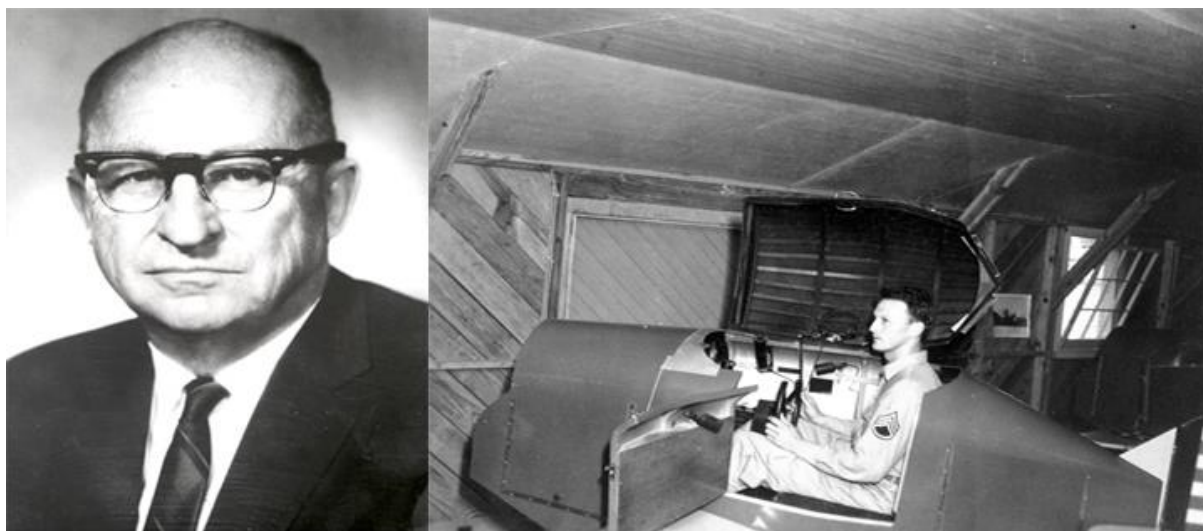


Fig.21: À esquerda: Edward Link; à direita: The Link Trainer.

É de realçar o surgimento de um pequeno objeto no final dos anos 30, chamado “View Master”, tendo sido criado por William Gruber e Harold Graves. Acho importante falar deste dispositivo, uma vez que segue um pouco a lógica do estereoscópio, sendo este, mais um passo para os óculos de realidade virtual atualmente (Disponível em <https://clickamericana.com/toys-and-games/vintage-view-master-reels-viewers>). O View Master pode ser entendido como uma espécie de óculos que trazem consigo um pequeno disco de cartão que contem várias fotografias para serem visualizadas através das lentes (Fig.22). Foi uma maneira por exemplo, de disfrutar de várias paisagens, imagens, entre outros, proporcionando assim, ao utilizador a sensação de estar no espaço que é por ele visualizado. Esta tecnologia arrastou-se até aos dias de hoje, que é visto como um sistema de realidade virtual, de forma muito mais inovadora, pois para além do cartão onde podem ser inseridas

determinadas imagens, o dispositivo possibilita também o encaixe de um Android ou iPhone que obtendo a aplicação própria para a tecnologia, consegue-se observar através das lentes direcionadas para o ecrã do telemóvel, vários tipos de vistas.

Na década de 50, houve o surgimento de outro equipamento com forte destaque, no mundo do cinema, mas que também é importante realçar-se como parte da evolução da realidade virtual, tendo em conta as suas características. Morton Heilig, tinha o objetivo de expandir a arte do cinema, de forma a conduzi-la a patamares mais elevados e nesse sentido, teve a ideia de criar algo, que pudesse provocar no espectador várias sensações, do que apenas o simples facto de assistir a um filme, como ele próprio o referiu, *“The goal of future cinema, was to replicate reality for each of these senses.”*. Com isto e depois de algumas tentativas falhadas na construção de uma ferramenta capaz de satisfazer a sua ideia, surge o Sensorama Simulator, tendo sido patenteada na década de 60 (Fig.23). Esta máquina para além de transmitir um filme em 3D, produzia efeitos de vibrações; de aromas; de som de um eventual ambiente que estivesse presente no filme; ou até mesmo o efeito do vento a passar. No fundo todas estas características vão potencializar o aparelho, de forma a tornar a visualização bastante realística, conduzindo-nos assim, para as experiências atuais da realidade virtual.

Telesphere Mask, foi outra das invenções de Morton Heilig, que acontece em 1960, tendo sido o primeiro exemplo de um HMD (Head Mounted Display). Este equipamento permitia a visualização de imagens 3D estereoscópicas, com uma visão bastante ampla das mesmas e com um sistema de som presente, no entanto, não havia a possibilidade de interação ou de rastreamento do movimento, por parte do utilizador. O aparelho era constituído por um ecrã estereoscópico 3D, auriculares e dispositivos que geravam correntes de ar, que podiam ser reguladas quanto seu grau de velocidade, permitindo ainda a transmissão de cheiros (Fig.24).

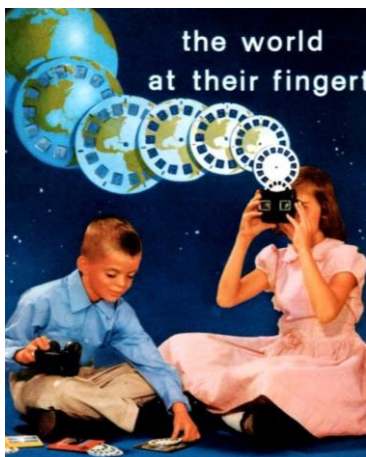


Fig.22: View Master.



Fig.23: Sensorama Simulator.



Fig.24: Telesphere Mask.



Visto que nenhum aparelho tinha a capacidade de permitir uma visualização remota imersiva e uma interação por parte do utilizador, houve uma clara necessidade de criar algo que fosse capaz de tal. No início da década de 60, dois engenheiros de Philco Corporation (Comeau e Bryan), desenvolveram o primeiro protótipo de um capacete de HMD (Head-Mounted Display), denominado “Headsight” (Fig.25). Este aparelho integra uma lente para cada olho e um sistema de rastreamento de movimento magnético, conectado a um par de câmeras remotas, sendo que o utilizador ao movimentar a cabeça, permitia também o movimento das câmaras. O conceito de realidade virtual ainda não existia naquela época, portanto o Headsight não foi desenvolvido para esse efeito, mas sim para permitir uma visualização remota imersiva, destinada ao uso dos militares. Ainda que este sistema fosse limitado na medida em que não era possível visualizar nenhuma imagem, teve uma forte contribuição na evolução para o que chamamos hoje de realidade virtual (Disponível em <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>).

Ivan Sutherland (Fig.26), em 1965 apresentou o seu conceito de “Ultimate Display”, que no fundo, tinha a ver com um mundo virtual que poderia ser visualizado através do HMD e que tinha a capacidade de simular a realidade de tal forma, que o utilizador não conseguiria diferenciar a simulação e a realidade atual. Neste caso, ao contrário da Headsight, o usuário era capaz de interagir com objetos virtuais, tendo em conta que, incluía hardware de computadores capazes de reproduzir esta tecnologia. Ivan Sutherland, tem uma frase curiosa, passando a ideia do quão poderia ser imerso a utilização deste equipamento, fazendo referência que o visor do mesmo, era literalmente o País das Maravilhas, no qual a Alice entra: *“The ultimate display would, of course, be a room within which the computer can control the existence of matter. A chair displayed in such a room would be good enough to sit in. Handcuffs displayed in such a room would be confining, and a bullet displayed in such a room would be fatal. With appropriate programming such a display could literally be the Wonderland into which Alice walked”* (SUTHERLAND, 1965).



Fig.25: Headsight da Philco Corporation.

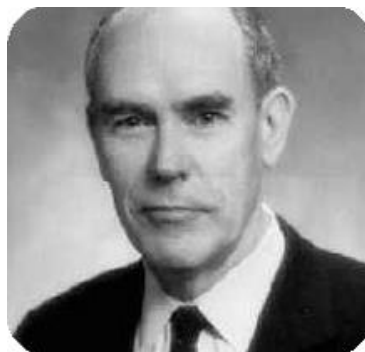


Fig.26: Ivan Sutherland.

À semelhança do que tinha sido feito no início da década de 60, através dos engenheiros Comeau e Bryan, que desenvolveram o Headsight, surgem Ivan Sutherland e o seu aluno Bob Sproull, que criaram o primeiro dispositivo propriamente dito de realidade virtual, onde já se conseguia visualizar algum tipo de imagem, “Sword of Damocles” (Fig.27). Esta tecnologia era caracterizada por uma espécie de capacete, sendo este conectado a um computador e uma vez que este aparelho era bastante pesado, afixava-se ao teto. Mais uma vez tem como público-alvo, os militares, mais especificamente, pilotos de helicóptero, para que pudessem simular certas situações, que poderiam acontecer na realidade. Naquela altura, os avanços a nível da tecnologia utilizada chegaram a um patamar nunca antes alcançado, ainda assim as imagens que eram geradas pelo dispositivo, tinham um carácter algo primitivo, pois o que se conseguia visualizar não era muito mais além de apenas wireframes. Foi sem dúvida, algo que abriu caminho para o que hoje vemos com alguma frequência a serem utilizados no mercado, os Oculus Rift (Disponível em <https://www.electronicsspecifier.com/vr-ar/the-sword-of-damocles-gets-a-reboot>).

Em 1969, Myron Kruegere, um artista da computação, deu o nome de “realidade artificial” a um conjunto de experiências que ele próprio desenvolveu, utilizando como base, computadores e sistemas de vídeo (Fig.28). Myron Kruegere acreditava que as simulações da realidade pudessem ter mais impacto que a própria realidade em si: *“The video medium has the potential of being more rich and variable in some ways, than reality itself.”* (KRUEGERE). Esse projeto deu origem ao desenvolvimento da tecnologia Videoplace, que no fundo, consistia na criação de duas ou mais salas, que podiam estar próximas ou longe umas das outras. No interior dessas salas era pedido que os utilizadores fizessem uma série de ações e nesse sentido, através de um ecrã, a pessoa que estivesse a realizar a experiência, tinha a capacidade de ver-se a si mesmo, tal como os outros utilizadores que estavam presentes nas outras salas a fazerem as diversas ações, podendo ainda interagir entre si através das imagens que iam visualizando.

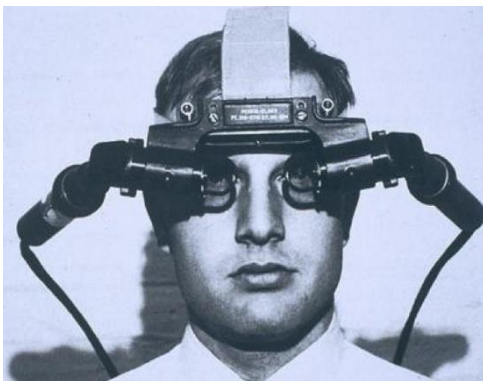


Fig.27: Sword of Damocles.



Fig.28: Videoplace. Myron Krueger.

Nos finais de 1980, finalmente surge o conceito de “Realidade Virtual”, tendo sido, associado a Jaron Lanier. Ele liderou a equipa que desenvolveu as primeiras implementações do mundo virtual e fundou a VPL (Visual Programming Languages) Research, que seria a primeira empresa a vender produtos destinados à realidade virtual, tais como capacetes e luvas (Fig.29). Fez parte também da equipa, que desenvolveu o primeiro software de arquitetura que foi utilizado para aplicações de realidade virtual. Através da sua empresa, desenvolveu ainda, as primeiras implementações de aplicações da realidade virtual em simulações cirúrgicas, em protótipos de carros, em cenários virtuais para produção de televisão, entre outros. Ainda assim, a tecnologia estava atrasada em relação às ideias que iam surgindo, quanto à intenção de fazer com que a realidade virtual, tivesse um carácter mais realístico (Disponível em <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>).

Na década de 90, com a explosão relativamente ao mercado dos jogos, aparecem os primeiros dispositivos de realidade virtual para o público, que seriam jogos de arcade e máquinas, onde os jogadores usavam um conjunto de óculos de realidade virtual e jogavam em tempo real, tentando desta forma proporcionar ao utilizador uma experiência totalmente imersiva (Fig.30). Neste seguimento, a primeira tentativa de jogos em realidade virtual surgiu em 1993, quando a empresa Sega, criou um sistema de forma, a que as pessoas pudessem jogar em suas casas. Este sistema, acabou por ser cancelado um tempo depois, tendo em conta que, a tecnologia não estava preparada para o mundo dos jogos, pois os dispositivos proporcionavam às pessoas, efeitos negativos, tal como enjoos ou dores de cabeça.



Fig.29: Equipamentos de RV da empresa de Jaron Lanier.



Fig.30: Jogos de arcade.

Em 1995, a Nintendo, lançou um aparelho (Nintendo Virtual Boy), que neste caso, foi a primeira consola a exibir jogos com gráficos em 3D monocromáticos (Fig.32). Acabou por ser também um fracasso, devido à qualidade do software que não era capaz de produzir aquilo que se pretendia e ainda devido ao facto destes jogos terem uma limitada paleta de cores (Disponível em <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>).

Em 1999 surge o filme Matrix (Fig.33), que a meu ver tem a sua contribuição para reforçar o ideal da “realidade virtual”, que até à altura, parecia não ter tido uma grande adesão por parte do público, como foi o caso dos jogos que não só falhou devido à falta de meios, como também à falta de interesse por parte das pessoas, a utilizarem esta tecnologia. Este filme leva-nos para além do que pode ser um mundo virtual, tendo como objetivo, mostrar às pessoas de que modo, tanto o mundo real e o mundo virtual podem coexistir, fazendo-nos inclusive duvidar do que possa ser ou não real. Resumidamente o Matrix, é um sistema inteligente e artificial, que tem o poder de recriar um mundo, provocando no utilizador uma sensação que o ambiente por ele observado é o real. Esta tecnologia contava com a ajuda de alguns equipamentos que eram propícios para tal e aí, entrava a ficção do filme, pois a máquina era conectada diretamente ao cérebro de cada pessoa, para que ela pudesse “transportar-se” para esse novo mundo. Estando imerso naquele ambiente criado, o utilizador poderia visualizar e ter todo o tipo de interação possível, semelhante ao estar num mundo real.



Fig.31: Óculos VR Sega.



Fig.32: Nintendo Virtual Boy.

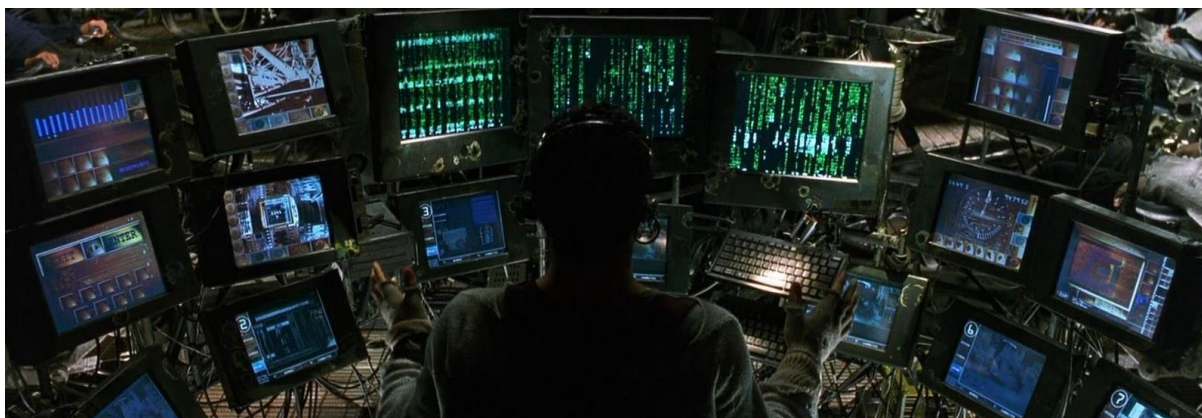


Fig.33: Filme Matrix, equipamentos que permitiam a imersão.

Em 2009, o designer Palmer Luckey, que estava algo descontente com a inadequação das tecnologias referentes à realidade virtual existentes no mercado, teve a ideia de criar um capacete de realidade virtual. Ele tinha um fascínio pelo mundo das tecnologias, sobretudo pelo avanço que houve até altura no capítulo dos jogos, tendo em conta que, a resolução de imagem a nível dos gráficos, como da jogabilidade e inclusive a fluidez relativamente ao movimento das personagens, já tinham bastante qualidade. Com isto, decidiu desenvolver um dispositivo com essa finalidade, pois ao juntar a realidade virtual ao universo dos jogos, faria com que o utilizador, pudesse disfrutar de uma experiência totalmente imersiva, tendo em conta que este, conseguiria aumentar o seu campo de visão sobre um ambiente, para 360° (Fig.34).

Em 2011, Palmer Luckey, juntou-se a Mark Bolas, que já vinha a trabalhar com sistemas de realidade virtual há algum tempo e graças ao avanço das várias componentes do mundo tecnológico, como por exemplo os telemóveis que foram surgindo com altas resoluções de imagens, a aparição dos sensores de movimento e aos software que foram sendo cada vez mais potentes para suportarem este tipo de aparelhos, conseguiram testar uma série de protótipos para esse feito, tendo surtido um efeito bastante positivo no público. Este dispositivo, ficou de tal modo “famoso” que, despertou a atenção de vários investidores, como o exemplo de Mark Zuckerberg, criador do Facebook, que decidiu avançar para a compra do mesmo, ficando no valor de \$ 2 biliões, causando desta forma um grande impacto a nível mundial, tendo em conta que depois disso, várias empresas de topo, começaram a desenvolver e a utilizar este tipo de tecnologia.



Fig.34: Oculus Rift desconstruído- ilustração de Trevor Johnston.



Uma mais-valia para a realidade virtual, tem sido os avanços constantes da tecnologia, pois vão surgindo no mercado, novos programas e software cada vez mais capazes de suportar os dispositivos direcionados para a sua prática. A ascensão de smartphones com ecrãs de alta densidade, a indústria de jogos e os gráficos 3D que hoje aparecem com alta resolução, vão contribuir de forma bastante significativa para o desenvolvimento da realidade virtual. Como tal, 2014 é um ano chave para o contínuo crescimento da realidade virtual, pois várias empresas a nível mundial investiram nesse mercado, uma vez que viram uma boa oportunidade de negócio a longo prazo. Neste sentido e tendo como ponto de partida os Oculus Rift, surgem empresas como a Samsung que desenvolveu o “Samsung Gear VR”, uns óculos de realidade virtual, sendo exclusivos da própria Samsung; a Google que lançou o “Google Cardboard”, sendo este um sistema de baixo custo, pois era feito de cartão, tendo como objetivo cativar as pessoas a utilizarem estes sistemas; a Sony também vai ter a sua contribuição, uma vez que cria a “Playstation VR”, sendo este, uns óculos que vão auxiliar a consola Playstation 4, fazendo com que os utilizadores, joguem de uma forma imersiva.

Em 2015, temos também o aparecimento das comunicações sociais, que aos poucos foram alargando os seus horizontes e incorporando a realidade virtual nos seus artigos, como forma de entretenimento, de apresentação dos diversos conteúdos aos espectadores, entre outros, das quais podemos destacar as seguintes:

- A “BBC” (British Broadcasting Corporation), uma emissora de televisão inglesa, que decide utilizar esta tecnologia de maneira a chegar a mais pessoas, pois lançou um vídeo com visão em 360°, mostrando um campo com vários emigrantes da Síria;
- O “The Wall Street Journal”, um jornal diário internacional americano, lançou um artigo onde as pessoas visualizavam uma espécie de montanha russa, com o objetivo de mostrar os altos e baixos da bolsa, mais precisamente a “NASDAQ”, ou Nasdaq Stock Market, como muitos a chamam;
- O “Washington Post”, um jornal diário que como o próprio nome indica, é da cidade de Washington DC, que desta feita, mostrou uma experiência de realidade virtual de um salão circular que correspondia a “WHCA” (White House Correspondent’s Association). (Disponível em <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>)

A “HTC Corporation” (High-Tech Computer Corporation) é uma empresa multinacional que desenvolve equipamentos como smartphones ou tablets e à semelhança das empresas anteriormente falados, em 2016 decidiu lançar-se no mundo da realidade virtual, com a criação do “HTC VIVE SteamVR”. Este dispositivo tinha uma tecnologia mais avançada em comparação ao que já tinha sido desenvolvido até à data, visto que o mesmo, para além de permitir ao utilizador visualizar o espaço virtual, permitia também a movimentação de forma livre, uma vez que, esta ferramenta tinha um sensor de imagem na parte frontal dos óculos. Nesse mesmo ano, desenvolveram-se ainda as luvas de interface, contribuindo para o melhoramento da imersão no ambiente virtual, visto que o utilizador com este aparelho, poderia interagir com o computador através do toque e do movimento.

Várias empresas têm entrado em competição por esta tecnologia, o que faz com que o seu crescimento se expandisse de uma forma bastante significativa, nesse sentido, é espectável que vão surgindo no mercado, cada vez mais ferramentas diversificadas para o mesmo propósito.

Os atuais equipamentos de realidade virtual que são vistos em circulação com alguma frequência, deve-se grande parte aos “inventores” das épocas passadas, como foi mostrado anteriormente através de várias técnicas e aparelhos que foram surgindo ao longo do tempo. Assim, pode-se afirmar que os mesmos, tiveram uma forte contribuição para que, nos dias de hoje se pudesse usufruir desta tecnologia como algo recorrente do nosso dia a dia. A verdade é que isso tem vindo a acontecer de forma gradual, algo que naquela época parecia ser impossível de acontecer (Disponível em <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>).

### 2.3.3 Sistemas de Realidade Virtual

Como foi dito anteriormente, a evolução da realidade virtual contribuiu para que a utilização da mesma, fosse possível ser praticada de forma mais recorrente nos dias de hoje. Como tal, existem diferentes formas de praticá-la, de acordo com o objetivo que se pretende.

Neste subcapítulo, irão ser apresentados e explicados cada sistema de realidade virtual existentes, nomeadamente: *Realidade Virtual de Simulação*, *Realidade Virtual de Projeção*, *Telepresença*, *Realidade Aumentada* e *Realidade Mista*.

### 2.3.3.1 Realidade Virtual de Simulação

A realidade virtual de simulação é o método mais antigo, tendo em conta que, o seu surgimento deu-se no final da década 20 com o simulador de voo, Link Trainer de Edward Link. Este sistema, como o próprio nome indica tem como premissa a simulação de algo, sendo que, neste caso em particular a ideia era a criação de um ambiente virtual, que podia permitir ao utilizador, a imersão e interação nesse espaço criado. Esta forma de realidade virtual, por norma é realizada no interior de uma cabine ou num espaço com dimensões pequenas à medida do corpo de um ser humano, com o auxílio de alguns dispositivos de áudio, comandos de controle e monitores de vídeo, para tornar toda a experiência, o mais real possível. Assim, consegue-se por exemplo ensinar ou treinar a pilotar um avião ou conduzir um comboio, sem correr qualquer tipo de riscos, quanto à integridade física de uma pessoa.

Recorrendo a exemplos mais práticos, temos alguns casos que já vão praticando o uso deste sistema, tais como: centrais nucleares, que através da simulação de uma sala de controle idêntica a uma sala de controle na realidade, faz com que os seus funcionários a utilizem, como forma de treinamento, evitando possíveis desastres na realidade; algumas empresas têm também equipamentos que simulam desde terremotos ou tsunamis, com o intuito de ensinarem às pessoas, o que fazer num eventual desastre natural; as escolas de condução têm também simuladores de carros, para que as pessoas possam experienciar e treinar numa primeira instância as várias mecânicas da condução; em alguns parques de diversão, como a DisneyLand (Fig.35), já têm alguns simuladores, onde se pode experienciar vários tipos de ambientes imersivos (Disponível em <https://www.travelingmom.com/walt-disney-world/moms-guide-star-wars-virtual-reality-disney-world/>).



Fig.35: Ambiente imersivo no mundo do Star Wars- Disney World.



### 2.3.3.2 Realidade Virtual de Projeção

A realidade virtual de projeção, como o próprio nome indica, tem como base grandes ecrãs ou telas de forma a serem projetadas aquilo que se pretende mostrar, sendo que é necessário também, instalações físicas com as dimensões de acordo com as necessidades de cada experiência. Neste sistema, o utilizador não está imerso, tendo em conta que, a visualização das diversas experiências, é feita através das telas de projeção à sua volta, no entanto, o mesmo pode comunicar com as personagens ou objetos que constam no ambiente virtual. Este método tinha sido usado na década de 70, com a tecnologia Videoplace de Krueger, como já foi referido no subcapítulo da evolução da realidade virtual, que tinha como objetivo capturar as imagens dos participantes e as suas ações, que por sua vez, seriam projetadas numa tela enorme, fazendo com as pessoas pudessem visualizar e interagir entre elas ou com objetos.

Atualmente, há que destacar a tecnologia CAVE ou Caverna Digital como alguns lhe chamam e como o próprio nome indica, o espaço físico para a prática da realidade virtual, assemelha-se bastante a uma cave, assumindo habitualmente uma forma cúbica ou paralelepípedica (Figs. 36 e 37). Esta tecnologia permite ao utilizador estar totalmente imerso no ambiente virtual, uma vez que nesse espaço, tanto o chão, como as paredes e o teto, funcionam como telas, nas quais são projetadas várias imagens alusivas a um mundo virtual. Estando no interior desse espaço, o utilizador consegue visualizar o ambiente à sua volta através dos óculos de realidade virtual e ainda interagir com o sistema com o auxílio de diversos dispositivos de entrada. Para aumentar o realismo nesta experiência, por vezes é adicionado a componente sonora, através de sistemas de som ou até mesmo altifalantes que estão posicionados em ângulos diferentes à volta da sala (Disponível em <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-environments/cave.html>).



Fig.36: Experiência de RV CAVE 1.



Fig.37: Experiência de RV CAVE 2.

### 2.3.3.3 Telepresença

A telepresença pretende simular um ambiente imersivo remoto, mas ao contrário de outros sistemas de realidade virtual já referidos, que utilizam o computador como meio da criação do espaço virtual, neste caso ter-se-á como base, câmeras remotas para a geração desses espaços. No livro *Understanding Virtual Reality*, Sherman e Craig, referem que a telepresença, é um sistema de realidade virtual, onde as câmeras de vídeo e os microfones, substituem os sentidos do utilizador, visto que o mesmo, é capaz de, interagir, ver e ouvir através de dispositivos de sensoramento remotos (SHERMAN E CRAIG, 2003).

O desenvolvimento deste sistema deve-se sobretudo a Comeau e Bryan, que tinham criado em 1961, o primeiro protótipo de um capacete de HMD, para que fosse aplicado neste método da telepresença. Atualmente, podemos encontrar a sua utilização em algumas áreas, nomeadamente, aplicações em intervenções cirúrgicas, e o controlo por exemplo de drones, robôs de exploração social e naves.

### 2.3.3.4 Realidade Aumentada

Decidiu-se aprofundar um pouco mais este sistema em comparação aos outros, uma vez que uma das intenções iniciais desta dissertação incluía a realidade aumentada. Este termo deriva de *Webster's*, que afirma o seguinte: "to make larger, enlarge in size or extent; increase" (*Webster's New Universal Unabridged Dictionary*. New York: Barnes & Noble Books, 1989).

A realidade aumentada é muitas vezes confundida com a realidade virtual, mas é um pouco distinta, uma vez que o grande objetivo neste método, não passa por fazer com que o utilizador se insira num ambiente virtual, mas sim, ligar de certa forma, o mundo real ao mundo virtual. Nesse sentido, este sistema tem o poder de mostrar ao utilizador, objetos virtuais num determinado espaço físico, através de equipamentos específicos. É uma mais-valia para o utilizador, pois consegue visualizar qualquer tipo de objeto, com bastante pormenor. Assim a realidade aumentada, pode ser utilizada para mostrar informações de objetos virtuais, que o utilizador não pode detetar diretamente com os seus próprios sentidos (AZUMA, 1997).

Em 1992, Tom Caudell e David Mizell são associados ao termo de realidade aumentada, no entanto a tecnologia já vinha a ser explorada desde algumas décadas atrás,

visto, as primeiras aplicações apareceram no final dos anos 1960 e 1970 (Disponível em <http://sevenmediainc.com/the-history-of-augmented-reality/>).

Tom Caudell trabalhava na empresa de aviões Boeing e teve a ideia de criar um dispositivo que substituísse de certa forma, os manuais de mecânica, para que os mecânicos não perdessem tempo de trabalho a desvendá-los. Nesse sentido, desenvolveu um projeto em que um aparelho indicava o posicionamento de cada cabo a ser colocado, porém, devido à falta de tecnologia e meios, o que se podia ver ainda era apenas wireframes.

Um dado curioso relativamente a um equipamento que é utilizado nos dias de hoje tem a ver com a primeira ideia de um tablet, que surge em 1972, chamado de “Dynabook”, proposto por Alan Kay (Fig.38). Este aparelho, tinha como objetivo incorporar teorias de aprendizagem, tendo como público-alvo as crianças. O Dynabook é reconhecido como um grande impulsionador para os tablets e os iPads que hoje, circulam no mercado (Disponível em <https://blogthinkbig.com/dynabook-2>).

Atualmente, tendo em conta a evolução da tecnologia a nível de software e hardware, contribuiu também, para o desenvolvimento das aplicações de realidade aumentada, na medida em que já existem diversas experiências, para os diferentes contextos. Neste momento, esta tecnologia já pode ser visualizada através do ecrã de um smartphone (Fig.39), de um tablet, ou de um computador.

No campo da engenharia por exemplo, podem acontecer alguns erros a nível da construção ou eventualmente outro tipo de situações e uma vez que através da realidade aumentada consegue-se simular esses aspetos, as empresas têm vindo a incorporar esta tecnologia no seu dia a dia, para que se tente minimizar de certa forma, alguns desses erros.

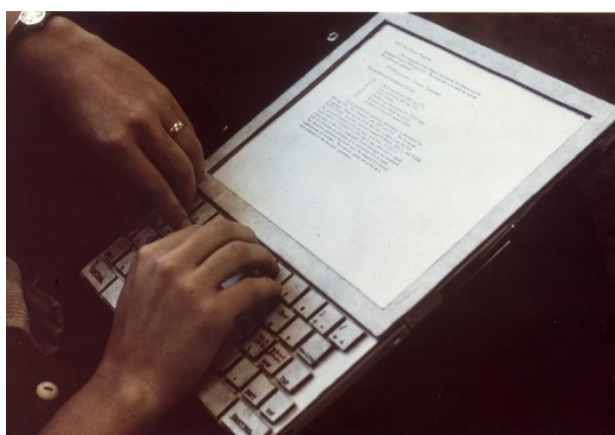


Fig.38: O primeiro tablet, Dynabook.



Fig.39: Experiência de realidade aumentada.

### 2.3.3.5 Realidade Mista

*In a “hybrid” environment, interactive virtual objects can be mapped to the physical environment, blending the real and the virtual” (ROGERS, 2018).*

Como o próprio nome indica, esta tecnologia é o resultado da mistura do mundo real com o mundo digital, ou seja, é um sistema que tem características tanto da realidade virtual como da realidade aumentada. O termo realidade mista foi originalmente introduzido em 1994 no artigo, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays", escrito por Paul Milgram e Fumio Kishino e até então a aplicação desta tecnologia tem superado todas as barreiras graças aos avanços tecnológicos, quer a nível do poder de processamento gráfico como os vários equipamentos que vão aparecendo no mercado. Através deste sistema, é possível manipular e interagir com os objetos tanto em ambientes reais, como virtuais, utilizando tecnologias de deteção de imagem (Disponível em <https://www.intel.com/content/www/us/en/tech-tips-and-tricks/virtual-reality-vs-augmented-reality.html>).

Como base na utilização da realidade mista, é de realçar os aparelhos holográficos, tais como os HoloLens (dispositivo de realidade virtual da Microsoft), que no fundo será a peça fundamental para garantir um melhor aproveitamento desta experiência. Este dispositivo, como o nome indica trabalha com hologramas e é caracterizado pela sua capacidade de simular elementos virtuais no mundo real, como se estivessem lá de facto. Funciona como uma espécie de óculos que através das suas lentes, o utilizador será capaz de visualizar o pretendido da experiência, através de imagens holográficas (Figs. 40 e 41).

Atualmente, já se tem visto a presença desta tecnologia, em algumas aplicações como por exemplo: modelação em tempo real de objetos 3D; catálogos com objetos 3D, onde o utilizador pode fazer uma série de simulações; ou até mesmo em jogos. Ainda que o seu custo não seja de fácil acesso a todos, prevê-se que a sua utilização no futuro, seja cada vez mais recorrente em algumas empresas, que pretendam ter como bases este tipo de experiências.



Fig.40: Experiência RV mista, Óculos Hololens.



Fig.41: Óculos Hololens, Microsoft 2016.

## 2.4 Algumas áreas abrangidas pela Realidade Virtual

Há a tendência de olhar para a realidade virtual como algo apenas ligado ao entretenimento, principalmente para os mais jovens, tendo em conta o universo tecnológico, desde consolas, telemóveis ou computadores, que por norma são sempre mais dominados por essa faixa etária. No entanto, a prática da RV, vai muito mais além do que apenas o entretenimento, uma vez que já tem vindo a ser aplicada em diversos campos, o que faz com que, aumente ainda mais o interesse por este tipo de tecnologias.

*“Consumers in today’s time are looking for experience. VR has the ability to play a huge role in the future of learning and development. With virtual simulation, a user can have real life-like experience at a fraction of cost”* (HARMAN, 2019).

Como se sabe, a tecnologia em si, tem um forte impacto na vida quotidiana do ser humano, por diversas razões. Seguindo a lógica da citação acima referida e guiados um pouco pelo senso comum, os consumidores, como o próprio nome indica, são os que mais consomem na nossa sociedade, e uma vez que os mesmos estão sempre em busca de novas experiências, pode-se pensar que terão um papel fundamental para que esta tecnologia se propague com mais rapidez. Tendo em conta o baixo custo que esta tecnologia tem vindo a apresentar nos últimos tempos, mediante a quantidade e qualidade de recursos existentes, prevê-se que a realidade virtual tenha o potencial de fazer parte no dia a dia de uma pessoa, assim como em várias empresas.

É certo que o tema desta dissertação se foca no ensino da arquitetura, ainda assim, estudar algumas das várias aplicações existentes de realidade virtual, pode ser interessante, de forma a comparar-se os vários métodos utilizados em cada situação, assim como a importância que tem vindo a adquirir ao longo dos últimos anos.

Neste subcapítulo, apresentar-se-á exemplos referentes a algumas áreas que já vão sendo abrangidas pela RV, tal como o seu modo de aplicação.

*“Recently, virtual reality applications have widely expanded to accommodate their usage in scientific research, manufacturing, business, medicine, education, sports, video games, art, and military training and operations”* (KIM, 2011, p.11).

Dada a procura que existe na indústria de jogos e entretenimento, pode-se dizer que foi dos mercados mais afetados com o desenvolvimento desta tecnologia, tendo em conta que os jogos em realidade virtual era algo que já estava pensado há imenso tempo, mas dada a falta de recursos, não foi possível a sua concretização com esta dimensão, antes. O aparecimento desta tecnologia, possibilitou aos jogadores algo que sempre foi sonhado, que é o facto de poder fazer parte de um jogo. Uma vez imersos, podem disfrutar de cenários cada vez mais realistas, assim como interagir e executar um conjunto de ações, que os faz sentir num mundo completamente diferente que não o seu. Para a prática desta tecnologia, já existem equipamentos capazes de simular essas sensações, graças sobretudo à evolução e à variedade de hardware no mercado, dos quais se destacam: os HTC Vive; os Oculus Rift; os Microsoft Hololens; os Samsung VR; os Playstation VR; ou até mesmo os Google Cardboard. A maior parte destes dispositivos, oferecem ainda sensores com deteção de movimento para a parte de interação, de forma a operar em conjunto com os dispositivos de visualização.

Nos dias de hoje, o simples ideal de apenas visualizar um filme, já atingiu outros níveis, tendo em conta a evolução da tecnologia. Já existem sistemas em algumas salas de cinema (4DX), que podem provocar vários tipos de efeitos, maximizando no espectador a sensação de envolvimento e integração no filme (Fig.42). No fundo, as cadeiras possuem um sistema eletrónico, que simula várias sensações como o voar, o cair, o acelerar ou o travar. Há ainda uma outra componente da própria sala, que permite também, a recriação de efeitos ambientais ou contextuais, como o vento, água, chuva, nevoeiro, aromas, entre outros, sempre em sintonia com as imagens que são transmitidas no ecrã. Até ao momento não se tem verificado uma experiência que permite estar completamente imerso na visualização de um filme, uma vez que, apenas temos acesso aos óculos 3D e estes, não têm a mesma capacidade de reproduzir a RV como os óculos virtuais.



Fig.42: Experiência, filme em 4DX.



Como já tinha sido referido anteriormente esta tecnologia já é usada há bastante tempo como forma de treinamento dos militares, afetando todos os seus sectores, nomeadamente o exército, a marinha e a força aérea (Fig.43). É muito importante o uso desta tecnologia, uma vez que permite por exemplo, simulações de voo, simulações em veículos, simulações de combate frente a inimigos num determinado campo de batalha virtual, fazendo com que, os soldados minimizem riscos de ferimentos ou até mesmo de morte. Um outro ponto interessante, prende-se no facto de haver soldados que antes de partir para a guerra, podem mostrar vários sinais de ansiedade e por outro lado existem aqueles que quando regressam podem apresentar sintomas de stress pós-traumático e nesse sentido, a RV pode ser bastante útil, para ajudá-los a ultrapassar esse tipo de problemas através de várias experiências virtuais. Sem dúvida alguma, que a prática deste sistema, a nível financeiro, torna-se menos dispendioso do que um treino de carácter tradicional, pois através das simulações será possível delinear estratégias e antever algum tipo de falha que no futuro possa acontecer. Os métodos de utilização são simples, na medida em que, para haver uma eficácia na prática desta tecnologia, basta que o utilizador use o head-mounted display (HMD), incluindo um sistema de rastreamento, como uma espécie de radar e também as luvas de dados. Estes dispositivos, vão permitir a visualização e interação por parte do utilizador num determinado ambiente criado, para efetuarem todo o tipo de simulações possíveis (Disponível em <https://virtualspeech.com/blog/how-is-vr-changing-corporate-training>).



Fig.43: Treino com experiência RV.

Um pouco à semelhança do que foi falado da realidade virtual relativamente à sua importância e do seu uso por parte dos militares, podemos reforçar a ideia de que foi demasiado importante também a envolvimento desta tecnologia no capítulo da saúde. Pelas

suas características de visualização 3D e de interação em tempo real, vai permitir aos médicos explorarem vários métodos de tratamento de forma virtual, minimizando qualquer tipo de risco para as pessoas (Fig.44). Através da RV foi também possível desenvolver programas de software, cujo objetivo seria a prática de cirurgias de forma virtual totalmente imersiva, por parte de médicos e enfermeiros. Outro método utilizado, são os exames de ressonância magnética, conhecidas como forma de diagnóstico virtual, pois muitas vezes é uma forma de se evitarem cirurgias ou outros tipos de tratamento de carácter mais intensivo, visto que esta tecnologia permite visualizar de forma detalhada, algum tipo de anomalia ou não, dos órgãos e tecidos do corpo através de uma máquina (Disponível em <https://www.simlabit.com/medicalvr/how-to-use-virtual-reality-in-medical-knowledge/>).



Fig.44: RV na medicina.

Uma ótima forma que algumas empresas encontraram para acompanharem a evolução das tecnologias, foi também a de incluir a RV como parte do seu sistema, que dava a possibilidade por exemplo de: fazerem uma viagem a um determinado espaço de negócios; no caso de venda de algum tipo de produto, os clientes conseguirem testá-lo e terem a percepção do que se trata, experienciando-o virtualmente; ou inclusive, como forma de treino por parte dos funcionários das empresas, para algum tipo de sistema que a empresa pretenda implementar. Ainda que, os aparelhos utilizados como base da RV tenham custos significativos, as empresas tendo uma visão mais além a nível de gestão financeira, conseguem ver os benefícios destas novas tecnologias, na medida em que, graça a elas, o grau de eficácia e o sucesso do produto, serão garantidos, num curto espaço de tempo, rentabilizando assim, tanto a nível do tempo, como a nível de custos. Uma curiosidade relativamente a este ponto tem a ver com o facto de existirem também empresas que utilizam a RV, como uma espécie de plataforma para a realização de reuniões, pois o facto, de as pessoas poderem participar nelas num ambiente virtual, poderá evitar-se possíveis



deslocações desnecessárias (Disponível em <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-applications/business.html>)

Desportos como o futebol, ténis, basquete, futebol americano, golfe ou o ciclismo, têm vindo a utilizar esta ferramenta como auxílio em várias situações. Os desportistas tentam de uma forma exaustiva a procura do seu melhor desempenho, de maneira a terem sucesso nas suas atividades desportivas e encontram essa solução, através destes sistemas, uma vez que essas ferramentas, podem identificar vários aspetos a melhorar por parte de um atleta, assim como mostrar possíveis formas de potencializá-lo em determinadas provas. Com isto e tendo em conta os avanços tecnológicos, cada vez é mais possível pensar que os atletas, conseguirão ultrapassar vários tipos de obstáculos a nível competitivo ou de treino, que antes não se imaginaria. Temos também a prática desta tecnologia numa vertente mais alusiva à prática do desporto utilizando a realidade virtual. Existem por exemplo jogos interativos, onde o utilizador percorre um determinado caminho num ambiente virtual (por exemplo um estádio), para que este possa ganhar um bilhete para um evento desportivo; e até mesmo outro tipo de jogos, onde utilizador pode experienciar um tipo de atividade desportiva, quase como se estive a praticá-la na realidade para numa verdadeira competição.

É importante verificar-se também o comportamento da engenharia face à realidade virtual. Esta área desde sempre, foi muito afetada em termos de prejuízos financeiros, uma vez que para se fazer algum tipo de elemento construtivo, teriam de ser sempre verificados e testados na realidade, o que acabava por encarecer as obras previstas para um determinado local. Com isto, a RV, terá um papel fundamental, por diversas razões, visto que: vai permitir o desenho de uma determinada estrutura em 3D e consequentemente, vir a ser experimentada em várias situações, testando assim a sua funcionalidade em ambientes virtuais e baixando de forma considerável os custos de uma construção; ou pode permitir também uma melhoria significativa no ramo dos cálculos por exemplo de uma viga ou de um outro tipo de estrutura, fazendo com que muito menos erros a nível estruturais possam vir a ocorrer. A utilização recorrente e a exploração desta tecnologia, poderá abrir portas para um pensamento mais ambicioso relativamente ao futuro da construção, tendo em conta os métodos de construção que poderão vir a ser criados (Disponível em <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-applications/engineering.html>).

Como foi já dito, existem várias áreas que utilizam a realidade virtual, ainda assim, o objetivo era mostrar algumas delas, de forma a perceber que esta ferramenta tem vindo a ganhar alguma força nos últimos tempos. Houve 2 campos não mencionadas neste

subcapítulo, propositadamente, que são os campos do *ensino* e da *arquitetura*, uma vez que falar-se-á de seguida, mais detalhadamente.

## 2.5 Realidade Virtual na Arquitetura

Para se perceber de que forma a realidade virtual chegou ao ensino da arquitetura, será necessário, numa primeira fase, mostrar como foi o seu primeiro contacto com a arquitetura, até aos dias de hoje, onde já se vai verificando a sua presença cada vez mais. Assim sendo, este subcapítulo centra-se sobretudo em mostrar algumas das fases da realidade virtual face à arquitetura, tal como as várias ferramentas que a compõem.

*“Architects are becoming interested in the use of virtual reality for the design of virtual space itself and they are exploring virtual cities and inhabited worlds”* (WHYTE, 2002, p.76).

A integração da realidade virtual no campo da arquitetura, tem vindo a ser mais demorada, em relação a algumas áreas anteriormente mencionadas, muito por culpa também dos custos que a mesma apresentava. Ainda assim, graças aos avanços da tecnologia e mesmo da acessibilidade que vamos tendo às ferramentas tecnológicas atualmente, pode-se dizer que a realidade virtual tende a desempenhar um papel cada vez mais importante.

Diz-se que os primeiros registos da realidade virtual na arquitetura, apareceram na década de 80, quando a Universidade da Carolina do Norte em Chapel Hill, desenvolveu um projeto com um propósito de proporcionar aos utilizadores, um passeio num ambiente 3D virtual. Como forma de experienciar o ambiente virtual, eram usados dispositivos de imersão compostos por um capacete de visualização do espaço virtual e um tapete rolante para que os utilizadores pudessem caminhar durante a experiência sem sair do mesmo local.

Temos também outra tentativa de introduzir a realidade virtual, em 1993 mais ligada a espaços interiores, onde a empresa Matsushita do Japão, desenvolveu um sistema que permitia aos clientes participarem do projeto das suas cozinhas, VSDSS (Virtual Space Decision Support System). Através de luvas de dados e de óculos de RV, os clientes conseguiam ter acesso às cozinhas virtuais, permitindo que os mesmos, pudessem realizar uma série de ações, tais como: abrir portas; abrir gavetas de armários; ou abrir uma torneira (Disponível em [http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge\\_base/virtual-worlds/EVE/II.C.Architecture.html](http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge_base/virtual-worlds/EVE/II.C.Architecture.html)).

Empresas como a Floored Inc e a IrisVR, desde há muito que têm realizado várias tentativas de introduzir a realidade virtual através de software e ferramentas, para que ateliers de arquitetura e clientes do setor imobiliário pudessem visualizar os modelos virtuais dos seus projetos. Nesse sentido, pode-se dizer que as várias tentativas efetuadas no passado, de certa forma, contribuíram para que fosse possível desenvolver a prática desta tecnologia, nos dias de hoje, como mostrar-se-á a seguir.

Prevê-se que esta tecnologia tenha cada vez mais importância no processo da realização de um projeto de arquitetura, desde a fase inicial com as maquetas de estudo, passando pelo desenvolvimento do projeto através de várias experiências virtuais de estudo, até à última fase, dando ao cliente a oportunidade de visualizar e experienciar o produto final, antes de o mesmo estar construído. Para uma melhor compreensão de um projeto de arquitetura, é usual que se recorra a desenhos técnicos (plantas, cortes e alçados) e renders de modelos 3D, ainda assim e falando um pouco por experiência própria, na apresentação por exemplo de um determinado projeto, estes elementos podem não ser suficientes para um entendimento a 100% do pretendido, tendo em conta que, tratam-se de elementos “estáticos”. Tanto do ponto de vista do arquiteto, como do cliente, durante uma fase de projeto seria ótimo poder experienciá-la num ambiente virtual, para que se consiga ter uma melhor perceção das várias propostas em questão. Assim sendo, com a RV será possível, por exemplo:

- Verificar se os vários elementos presentes, estarão de acordo ou não com o pretendido para a arquitetura;
- Fazer mudanças em tempo real, para que possam ser testados vários tipos, de materiais, cores, luzes ou mobiliários;
- Verificar a forma como é feito o percurso tanto no interior, como no exterior do projeto, para que se possa ter a perceção do edifício como um todo e a envolvente à sua volta;
- Maximizar a visualização, a nível de escalas ou pequenos pormenores, que não são possíveis de detetar em outras ferramentas;
- Testar as possíveis rotas de saídas de emergência, de forma a verificar o número de pessoas limite;
- Testar os espaços mínimos livres de passagem;
- Minimizar de certa forma, alguns possíveis custos durante a fase de projeto.

Para a apresentação de um determinado projeto, se tivermos por exemplo duas opções, uma através de renders de modelos 3D e outra através da experiência de realidade virtual imersiva, prevê-se que será sempre mais benéfico optar-se pela 2ª hipótese, tendo em conta os aspetos que foram descritos anteriormente. Nesse sentido, a realidade virtual pode servir como um complemento na compreensão de um projeto na sua totalidade, visto que a mesma tem o poder de “transportar” o utilizador para um ambiente 3D interativo, possibilitando-os de visualizar e explorar a arquitetura de vários ângulos (Disponível em <https://medium.com/studiotmd/virtual-reality-uses-in-architecture-and-design-c5d54b7c1e89>).

### 2.5.1 Ferramentas para a Realidade Virtual na Arquitetura

Nos casos de estudo que serão apresentados mais à frente, será utilizada a realidade virtual como forma de ensino das disciplinas de Geometria Descritiva e História da Arquitetura e nesse sentido será fundamental estudar as várias ferramentas existentes que servem de base para a utilização desta tecnologia. O excesso de recursos nos dias de hoje, permitirá que surjam ferramentas cada vez mais potentes em termos da sua funcionalidade. Como tal, optou-se por explorar e explicar: *Software, Hardware e Modelação 3D*.

#### 2.5.1.1 Software

*“Software systems used to convey the description of the virtual world to the VR hardware often make use of a variety of application libraries and toolkits to create, render, and allow interfacing to the virtual world.”* (SHERMAN e CRAIG, 2003, p.248)

Software tende a ser algo “difícil” de descrever, uma vez que não é uma ferramenta física como o caso do hardware, mas pode-se dizer que funciona como uma espécie de código escrito através de programação, que são compilados num programa de computador. Nesse sentido, software é um termo geral para os vários tipos de programas, aplicações, ou scripts que existem, tendo como função, fornecer toda a informação necessária diretamente para o hardware. Esta ferramenta no fundo, pode ser entendida como a parte variável de um computador.

Tal como a tecnologia no geral, o software, tem vindo a evoluir de forma progressiva, sendo um grande motor da evolução dos computadores. Existem vários tipos de software,

como foi referido anteriormente, mas centrando-se no tema da dissertação, destacam-se as seguintes aplicações de software referentes à realidade virtual por serem as mais utilizadas e que se encontram, hoje no mercado:

- *Worldviz*, foi das primeiras empresas a introduzir-se na indústria da realidade virtual, tendo em conta que, na década de 90, juntamente com o psicólogo Jack Loomis, desenvolveram tecnologias de realidade virtual, sobre a perceção e comportamento humano no MIT e na Universidade da Califórnia. Atualmente são o líder de mercado a nível mundial em soluções inovadoras de realidade virtual a nível empresarial e visualizações interativas (Fig.45);
- *Unity 3D* é uma plataforma gratuita mais direcionada para os jogos, que possibilita o desenvolvimento de objetos bidimensionais ou tridimensionais, assim como simulações de experiências em ambientes virtuais. Este mecanismo já tem vindo a ser utilizado de forma recorrente na arquitetura (Fig.46);
- *Unreal Engine* é semelhante ao Unity uma vez que também é reconhecido como motor de jogos, sendo que também já vai sendo utilizado na arquitetura cada vez mais, dada a sua capacidade de visualização e interação, nos espaços arquitetónicos virtuais criados (Fig.47);
- *IrisVr* é uma plataforma que possibilita a transformação de qualquer tipo de projeto de arquitetura em realidade virtual. É bastante acessível, tendo em conta o seu baixo custo, mas por outro lado a sua qualidade distancia-se um pouco dos outros programas existentes (Fig.48);
- *SimLab Composer* não é um software tão popular como outros acima referidos, ainda assim já vai sendo falado devido à sua versatilidade. É também de baixo custo e permite a importação de ficheiros 3D de programas como o Sketchup e o Rhino. Nesta plataforma é possível transformar qualquer projeto em realidade virtual, com qualidade também reduzida, através da componente *SimLab Viwer* (programa que permite a visualização da realidade virtual com o auxílio de alguns dispositivos específicos) (Fig.49);
- *Enscape* é um plugin de renderização em tempo real, que pode ser associado a programas como o Revit, Sketchup, Rhino e Archicad. É uma plataforma que tem vindo a ganhar alguma força no mercado, uma vez que já vem apresentando alguma qualidade, relativamente à experiência no ambiente virtual (Fig.50).



Fig.45: Logo Worldviz.



Fig.47: Logo Unreal Engine.



Fig.49: Logo Simlab Composer.



Fig.46: Logo Unity 3D.



Fig.48: Logo IrisVR.



Fig.50: Logo Enscape.

### 2.5.1.2 Hardware

*“Virtual reality (VR) technology is evolving rapidly, making it undesirable to define VR in terms of specific devices that may fall out of favor in a year or two” (LAVALLE, 2019, p.2).*

Hardware ao contrário do Software, refere-se às componentes físicas, neste caso em particular serão os equipamentos a utilizar-se durante uma experiência de realidade virtual. De acordo com a citação acima referida, podemos verificar que é um pouco complicado dizer-se que equipamentos podem ou não ser os mais utilizados na atualidade, isto porque o avanço das tecnologias, tem sido de tal forma exponencial, que certas ferramentas acabam por cair em desuso em algumas situações. Ainda assim, vale a pena enunciar algumas delas que são regularmente usadas no âmbito geral, para que se possa entender o seu modo de utilização.

Existem 2 tipos de dispositivos para uma experiência de realidade virtual: os dispositivos de entrada e os dispositivos de saída.

Os dispositivos de entrada, emitem informações para o computador a partir de uma fonte externa, no fundo, ajudam os utilizadores a navegar e a interagir no ambiente virtual, de forma a torná-lo mais intuitivo e natural, mas atualmente a tecnologia não está tão avançada para suportar esse tipo de ferramentas. Esta componente pode ser dividida em 2 categorias: trajetória e interação. Dispositivos de trajetória, são aqueles que permitem os movimentos de partes do corpo do utilizador, para criar a sensação de presença no mundo virtual. Assim, há medida que o usuário vá efetuando movimentos na realidade, serão reproduzidos no ambiente virtual, através desses dispositivos (CARDOSO e MACHADO, 2004). Relativamente aos

dispositivos de interação, são aqueles que permitem ao utilizador, mover-se e manipular os objetos no ambiente virtual, de forma direta ou indireta.

Os dispositivos de saída são aqueles, que permitem visualizar e experienciar o conteúdo de um ambiente virtual, através dos órgãos dos sentidos, ou seja, o utilizador pode sentir-se completamente imerso nesse espaço virtual. Nesse sentido, esta componente pode ser dividida em 3 categorias: visuais, auditivos e os físicos. Quanto aos dispositivos visuais, temos os capacetes de visualização ou os HMD (Head Mounted Display), os monitores dos computadores e os sistemas de projeção. Os dispositivos auditivos, temos por exemplo os Headphones, ou os sistemas de som que podem ser integrados nas experiências, de forma a tornar ainda mais realístico. Por último, temos os dispositivos físicos, que acabam por ser o modo de estimular as sensações relacionadas ao tato, tensão muscular e temperatura. Estas sensações, são algo complicado de atingir com o mesmo nível de realismo relativamente aos visuais e aos auditivos, ainda assim, existem sensores para as mãos, que permitem interagir e manipular os objetos (NETTO, 2002).

*“VIRTUAL Reality (VR) and its applications have evolved quickly in recent years since the launches of popular head-mounted consumer displays like the Oculus Rift, HTC Vive and PlayStation VR”* (CHEN et.al, 2019)

Para esta dissertação, explorar-se-á apenas os dispositivos de saída relacionados com os aspetos visuais, indo de encontro com o tema da dissertação. Nesse sentido, destacam-se os seguintes equipamentos:

- Os monitores ou os sistemas de projeção, relativamente aos outros dispositivos, são os que menos simulam ambientes imersivos, tendo em conta que o utilizador neste caso, a única ação que poderá efetuar é apenas a visualização dos espaços virtuais, mas se porventura quiser interagir como ambiente, terá de utilizar dispositivos de entrada;
- Óculos com filtro de cores (por norma ou é azul e vermelho, ou verde e vermelho), que permite a visualização tridimensional em monitores, sendo que cada cor, corresponde a um tipo de imagem distinta;
- Os HMD, no fundo é a ferramenta de saída que permite uma maior imersão por parte do utilizador, tendo em conta, as suas características. É constituído por duas lentes (uma para cada olho) e permite ao utilizador ter um campo de visão bastante amplo sobre o ambiente virtual. Por norma, possuem também detetores de movimento, destacando-se no mercado, devido á sua qualidade de imagem.

### 2.5.1.3 Modelação 3D

A modelação 3D é uma técnica que pode ser obtida através de um computador e consiste na produção de um modelo tridimensional virtual de um objeto quer seja físico ou imaginário. Esta técnica requer software específicos para a produção de modelos 3D, permitindo assim, a criação de um conjunto de objetos, que podem ter vários tipos de formas, através de superfícies, pontos ou retas, ou seja tem um campo infinito de opções.

Pode-se pensar neste método, como uma espécie de desenho realista, mas com um grau de complexidade acrescido, uma vez que é possível interagir e executar uma série de ações no modelo em tempo real, através do computador.

Como foi referido anteriormente, a base utilizada para a modelação é o computador e nesse seguimento recuar-se-á um pouco no tempo e verificar de que forma se pode encontrar os primeiros exemplos tanto de um como do outro.

Em 1950, houve o desenvolvimento dos computadores com o grande objetivo de ser utilizado no campo da matemática, principalmente por científicos e militares. Passado algum tempo, apercebeu-se que através do computador era possível fazer-se outras coisas, para além daquilo que vinham a fazer e assim, houve a necessidade de criar-se algo que pudesse ir de encontro com a representação digital (Disponível em <https://www.etudes.ru/en/etudes/vintage-computers/>).

Surge assim, através de Ivan Sutherland, na década de 60 uma ferramenta que impulsionou de certa forma a técnica de modelação 3D até aos dias de hoje, o Sketchpad (no fundo era uma caneta que permitia ao utilizador, inserir gráficos diretamente no ecrã do computador). Com o avançar dos anos esta componente foi ganhando cada vez mais protagonismo, fazendo com que pudessem ser explorados vários tipos de modelação com os mais variados objetivos, que podem ser através: de jogos; impressão em 3D; marketing; filmes; imagens; animações; destacando naturalmente para este caso em particular também, a realidade virtual (Disponível em <https://www.scan2cad.com/cad/cad-evolved-since-1982/>).

Um exemplo que se tornou bastante famoso com a aplicação da tecnologia 3D, foi o filme, Avatar em 2009 de James Cameron, que teve como base, a modelação 3D, para a criação de alguns elementos e cenários presentes no filme.

Existem vários software no mercado, que permitem a criação de modelos 3D, mas neste caso, importa realçar aqueles que servem de base para a realidade virtual, nesse sentido surgem os seguinte:



- O Autocad para além de pensar-se que é um programa que trabalha apenas com 2D, de há uns para cá que incorporou a ferramenta 3D, de forma a tentar equiparar-se com outros programas existentes;
- 3DS Max, que acaba por ser um dos programais mais utilizados, pela sua capacidade de modelação, animação e até mesmo para alguns aspetos ligados aos jogos;
- Sketchup é um programa, que dada a sua facilidade de manuseamento, é bastante recorrente a sua utilização em alguns sectores, principalmente para a visualização de projetos de arquitetura;
- Rhinoceros 3D, que é um programa de modelação tridimensional baseada na tecnologia NURBS, ou seja, é um software que apresenta grande flexibilidade, para modelar e representar superfícies curvas.

## 2.6 Realidade Virtual no Ensino da Arquitetura

Numa primeira fase deste subcapítulo, a ideia é mostrar, como é que a realidade virtual chega ao campo do ensino de uma forma geral, acabando por ter influência também no ensino das disciplinas de Geometria Descritiva e História da Arquitetura.

De seguida, apresentar-se-á alguns casos de estudo referentes às 2 disciplinas, para que se possa entender de que forma é integrada a realidade virtual neste meio, fazendo com que alguns dos fundamentos aprendidos, sejam aplicados na parte prática.

*“VR is not only the next logical step but a step in the right direction: research suggests we retain more information and can better apply what we have learned after participating in virtual reality exercises” (ROGERS, 2019).*

Quando se fala que a realidade virtual pode ser o caminho a seguir no ensino, não tem a ver com o facto de estar na “moda”, ou porque fica “bonito” a sua utilização. Tem a ver sim, com a capacidade de solução que a mesma pode apresentar, face a alguns problemas que existem no ensino, tanto do ponto de vista do professor, como do aluno.

A meu ver, um dos maiores problemas, tem a ver com a falta de motivação ou a falta de interesse que pode existir no ceio de alunos, contribuindo para um não aproveitamento de determinadas matérias que lhes são lecionadas e penso que pode ser aqui, que a realidade virtual é fundamental, para que os níveis de concentração possam aumentar. Por norma os

mais jovens têm a tendência e gostam de usar ferramentas tecnológicas no seu dia a dia e como tal pode-se prever que a integração da RV como forma de ensino, seja bastante positiva e fácil. Para além disto, pode ser sempre encarada também, como uma forma de tornar o ensino mais dinâmico, lembrando algumas aulas mais extensas de carácter teórico, que por vezes pode “aborrecer” o aluno.

*“Considering the impact VR can have, it’s no surprise that the medium is being adopted by educators and organizations looking to add an extra dimension to classrooms all over the world” (ROGERS, 2019).*

Já existem exemplos pelo mundo fora de pequenas situações a que os alunos são submetidos, de forma a perceber se esta tecnologia pode ou não ser benéfica para uma melhor compreensão daquilo que se pretende durante uma aula.

Nesse seguimento, Sol Rogers (2019) no seu artigo *“Virtual Reality: The Learning Aid Of The 21<sup>st</sup> Century”*, para a revista Forbes, mostra um estudo realizado na Universidade de Maryland nos Estados Unidos, cujo objetivo era perceber se as pessoas tinham a capacidade de aprender melhor através de ambientes imersivos, ou simplesmente em plataformas mais tradicionais através por exemplo do computador. Para este estudo, foram recrutados 40 alunos, sendo que a maior parte deles não tinha tido qualquer contacto com este tipo de experiências, o que era bom para este efeito. Os alunos foram divididos em 2 grupos: um grupo, numa primeira fase visualizou a informação pretendida através de óculos de realidade virtual e de seguida visualizou a mesma informação através do ecrã de um computador; o outro grupo por sua vez, fez o inverso. Posto isto, foram feitos gráficos estatísticos, que de uma forma geral, mostrou que houve uma melhoria de 8.8% no entendimento das informações, através da experiência com os óculos de realidade virtual e de acordo com a equipa de investigação, este número representava um aumento estatisticamente significativo. É certo que a experiência realizada apenas abrangeu 40, num universo de milhões de alunos no mundo, ainda assim, de acordo com este pequeno estudo pode-se prever que a utilidade desta tecnologia no ensino seja bastante promissora.

Um artigo, (NOORIAFSHAR et.al, 2004), apresentou 2 estudos em diferentes locais, que mostram alguns aspetos importantes, que vão de encontro com as necessidades de um aluno, para reforçar a ideia de que a implementação da realidade virtual, pode ser bastante útil. O primeiro estudo, foi realizado na Austrália, na região de Darling Downs, que tinha como objetivo verificar, qual a melhor forma de compreender uma determinada matéria: se era

através da explicação oral dos conteúdos; através de gráficos; ou através da leitura feita pelo aluno durante a aula. Como resultado desse estudo, observou-se que: 58% preferem os gráficos; 31% preferem a explicação oral dos conteúdos; 11% preferem a leitura (Fig.51). Neste caso, pode-se concluir, que a maior parte prefere a aprendizagem através de elementos visuais, prevendo-se que seja mais fácil o entendimento dos conteúdos. O segundo estudo, foi realizado no Instituto Tecnológico Autónomo na cidade do México, onde foi apresentado um determinado projeto de gestão num seminário, com o intuito de perceber, se a compreensão daquela apresentação seria mais fácil através de elementos visuais ou não. De seguida foi feito um inquérito com cerca de 34 alunos e que indicou claramente uma maioria quase absoluta (97%), mostrando que os elementos visuais tiveram um papel determinante na compreensão dos conceitos apresentados (Fig.52). De acordo com os dois casos de estudo referidos, pode-se dizer que há uma tendência, para que a aprendizagem com um carácter mais visual seja mais precisa, relativamente aos conteúdos lecionados.

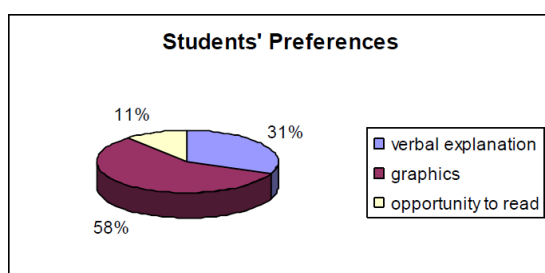


Fig.51: Gráfico, relativamente à preferência dos alunos quanto à explicação de conteúdos.

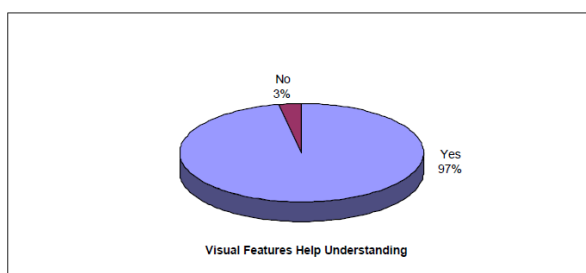


Fig.52: Gráfico, relativamente à compreensão de um determinado estudo.

A verdade é que se pode aplicar esse conhecimento, um pouco por todas as áreas e nesse sentido, surge o campo da arquitetura que como é sabido, apoia-se bastante sobre elementos visuais, tanto do ponto de vista do professor, como do aluno.

Como já foi referido em outros subcapítulos, existem algumas disciplinas no curso de arquitetura, que têm como base, alguns exercícios que visam explorar a criatividade dos alunos, através por exemplo da imaginação de certos objetos no espaço, servindo para a criação de ambientes arquitetónicos. Nesse sentido, a realidade virtual pode ser crucial, na medida em que pode ter a capacidade de convidar tanto o aluno, como o professor a experienciar os diversos exercícios propostos, através de uma simulação tridimensional. O que por vezes, se pensa ser difícil de imaginar ou executar, pode-se tornar mais óbvio com uma pequena experiência virtual.

*“As the VR industry expands with further adoption, and the technology available continues to improve, the opportunities to use VR in education will of course continue to expand along with them”* (LEGE e BONNER, 2018).

Com o contínuo avanço em diversos setores da tecnologia, o espectável é que a arquitetura a par das restantes áreas não fique para trás, portanto pode-se pensar que a utilização desta tecnologia no ensino, apareça de uma forma muito mais recorrente. Assim, prevê-se que o ensino da arquitetura com o auxílio da realidade virtual possa vir a ser muito mais dinâmico, de acordo com os métodos tradicionais que ainda vêm a ser praticados atualmente. Para isso, é necessário que se introduza de alguma forma a realidade virtual em algumas disciplinas nucleares, não só para que o aluno compreenda melhor determinados conteúdos, mas também para que o mesmo, possa aprender a utilizar esta tecnologia, aplicando futuramente nos seus projetos de arquitetura. Nesse sentido surgem a Geometria Descritiva e a História da Arquitetura, como áreas de estudo para esta dissertação.

#### 2.6.1 Realidade Virtual na Geometria Descritiva

Penso que seja de senso comum que a Geometria Descritiva, necessita de vários elementos visuais, para que seja melhor compreendida, principalmente quando se fala de superfícies geométricas com um elevado grau de complexidade. Isto deve-se sobretudo à dificuldade que um aluno apresenta, quando tenta imaginar um determinado objeto no espaço.

É certo que se pode arranjar modelos geométricos reais (estratégia já utilizada por alguns professores), para serem apresentados aos alunos e dessa forma terem uma melhor perceção do objeto estudado, mas é verdade é que por um lado, levar para uma aula modelos reais à escala humana, não é fácil tanto a nível financeiro, como ergonómico e por outro lado, mostrar elementos de pequenas dimensões, nem sempre pode ser uma solução viável, tendo em conta que, existem exemplos de objetos geométricos mais complexos e nesse caso seria mais complicado de serem visualizados ao detalhe. Neste sentido, pode-se optar por alternativas mais económicas e que vão de encontro com as necessidades do aluno, tal como a integração da RV, que pode ser uma ferramenta bastante útil para o efeito, uma vez que, possibilita a integração do aluno num ambiente virtual, para que possa visualizar objetos geométricos virtuais à escala do ser humano. Obviamente que não se pode afirmar que estas experiências virtuais, podem substituir as experiências que se tem na realidade, porque não

seria de toda verdade, ainda assim, a versatilidade que esta tecnologia apresenta e a diversidade de opções que ela nos permite fazer é quase ilimitada.

O sistema de navegação é feito através de ferramentas de renderização em tempo real e uma vez imersos no ambiente virtual, o aluno pode ter a vantagem de: visualizar o objeto em questão de vários ângulos e com bastante pormenor; poder assistir a eventuais animações, que possam ocorrer na construção ou desconstrução de um determinado objeto; poder caminhar no interior de um objeto, algo que seria impossível de se efetuar na realidade.

Como já foi referido, as salas de aula atualmente já auferem espaços suficientemente grandes, para que sejam implementados estes sistemas de RV, ainda assim, prevê-se que haja a necessidade de serem adaptadas, para a instalação dos devidos equipamentos. O custo não será também uma barreira, tendo em conta que, atualmente devido à abundância de dispositivos alusivos à realidade virtual, já é possível encontrar alguns mais acessíveis. Assim, pode-se pensar que as aulas de Geometria Descritiva, se tornem mais dinâmicas e ao mesmo tempo mais eficazes, relativamente aos conteúdos lecionados, para além de que, pode aumentar os níveis de concentração e interesse pelas aulas, tendo em conta que, a Geometria Descritiva, tende a ser o tipo de aula que mais complicada é, a sua compreensão.

#### 2.6.1.1 Caso de Estudo 1

O exemplo que será descrito a seguir, foi retirado do blog *SCIENTIX*, da comunidade para o ensino das ciências na Europa, que tem como hábito, o lançamento de alguns artigos referentes ao ensino. Surge assim o artigo, *NeoTrie VR: new geometry in virtual reality*, escrito por Grazyna Morga (2018), que fala na necessidade de inovação no ensino.

Este caso de estudo, tem a ver com um software que foi desenvolvido, chamado *NeoTrie VR*, que permite aos alunos uma série de ações, tais como criar, manipular e interagir com objetos ou modelos geométricos 3D, num ambiente virtual, possibilitando ainda a navegação no interior dos mesmos. A forma que os utilizadores têm para fazer os diversos tipos de interação ou manipulação de objetos, são através de ferramentas simples, como o paint, zoom, rotate, e o mirror. O grande objetivo da criação desta ferramenta, teve a ver com a necessidade que havia de criar algo, que pudesse contribuir, não só para um melhor entendimento da geometria, como também de tornar as aulas mais interessantes e divertidas. Assim, o software permite que os utilizadores realizem uma série de atividades e jogos interativos de acordo com a matéria lecionada, para que os alunos possam assim desenvolver

a sua criatividade, perante outro tipo de situações. Como forma de experienciar a realidade virtual neste programa, são utilizados os HTC Vive, tendo em conta que são dos dispositivos que apresentam melhores desempenhos no atual mercado. Este equipamento é composto pelos óculos de realidade virtual, que servem para visualização do ambiente virtual e os sensores, que permitem a orientação do utilizador no espaço virtual e consequente interação e manipulação dos objetos.

O software *NeoTrie VR* fez parte de um estudo, realizado em 2018, numa Escola Primária, em Żernica, na Polónia, em algumas aulas de matemática. A finalidade deste estudo, era de analisar a possibilidade de integrar esta tecnologia como forma de ensino didático e ainda, de reunir um conjunto de opiniões e feedback por parte dos alunos, para o melhoramento da mesma (Fig.53). A base dos conteúdos a serem apresentados em realidade virtual, foi de acordo com o programa curricular da disciplina de matemática, que pretendia o estudo de temas como: ângulos, polígonos, prismas, pirâmides, no fundo alguns objetos da geometria. Relativamente à participação, abrangeu 3 faixas etárias (11, 12 e 14 anos), sendo que a distribuição de alunos por turma, rondou os 18 a 26 alunos.

No total foram monitorizadas 25 aulas com a presença desta ferramenta, de acordo com a necessidade demonstrada tanto dos alunos, como do professor, tendo em conta que, na maior parte delas utilizou-se a tecnologia durante a aula toda, mas houve casos em que apenas se utilizou durante uma parte da aula. Outro aspeto relevante, tem a ver com o facto, da sala de aula, ter um monitor na parede, permitindo ao professor e aos restantes alunos observarem as diversas atividades realizadas pelo aluno durante a experiência de realidade virtual.



Fig.53: Experiência de RV com um dos alunos.

Como observações finais sobre este estudo, verificou-se que o uso deste software foi muito benéfico para os alunos, que mostraram sinais de uma maior disciplina, maior foco e também uma maior motivação em participar nas aulas. Os alunos fizeram também referência ao facto deste método ser muito mais interessante, relativamente a outros métodos didáticos que são praticados. Um dado curioso que se obteve desta experiência tem a ver com capacidade que muitos alunos com maior dificuldade de aprender ou até mesmo aqueles com necessidades especiais, tiveram de superar algumas dessas dificuldades, através da utilização desta tecnologia.

Como recomendações, apurou-se que o ideal seria fazer uma espécie de manual inicial, de forma a apresentar algumas ferramentas e explicando o seu modo de operar, para que os alunos pudessem integrar-se mais facilmente com a tecnologia em questão, principalmente às crianças com menos de 12 anos. Recomendou-se também a organização de aulas adicionais periódicas como teste desta tecnologia, com o intuito de praticarem o manuseamento dos equipamentos exigidos.

Como conclusão, verificou-se que a *NeoTrie VR*, era uma excelente ferramenta como forma de ensino da geometria espacial e que contribui para uma melhor compreensão dos objetos geométricos, através de elementos didáticos, fazendo com que os alunos se divirtam a aprender.

### 2.6.1.2 Caso de Estudo 2

Relativamente a este exemplo, embora não tenha como base a realidade virtual, mas sim a realidade aumentada, optou-se por apresentá-lo, uma vez que foi realizado durante o desenvolvimento deste trabalho, com o objetivo de ser a ferramenta de estudo da Geometria Descritiva, mas acabou por não ter os resultados desejados, o que originou a procura de outras tecnologias, capazes de satisfazer essas necessidades, como iremos ver mais à frente na componente prática.

Este estudo foi realizado na Faculdade de Arquitetura da Universidade de Lisboa, nas aulas de Geometria Descritiva do professor Luís Mateus.

O programa de realidade aumentada utilizado foi o *Augment*, que tinha um custo de 5€ por mês, para que fosse possível o armazenamento (uma espécie de cloud) dos vários modelos 3D criados, assim como os trackers de visualização. Quanto ao software para a modelação 3D, foi utilizado o *Sketchup*, visto ser um programa que se adequava ao propósito da experiência e também que tinha ligação com o software de realidade aumentada. Ao contrário da realidade virtual que requer dispositivos de carácter mais dispendiosos, neste caso apenas necessitamos: de um computador, que não será estritamente necessário, que seja potente, uma vez que o mesmo só seria utilizado no âmbito de desenvolver pequenos modelos em 3D (objetos para as aulas de Geometria Descritiva); e de um tablet/ipad, ou smathphone/iphone, para a visualização do objeto pretendido, sendo imprescindível desenvolver a prática desta experiência, sem que os dispositivos móveis tivessem uma câmara traseira.

Os modelos que iriam ser apresentados nas aulas de Geometria Descritiva, foram-me facultados pelo professor Luís Mateus e nesse sentido, a ideia seria exportá-los, para o Augment, de forma a visualizá-los em realidade aumentada (Fig.54), através da criação de um tracker.

Aspetos positivos que se obteve, relativamente ao desenvolvimento da experiência:

- Qualquer pessoa pode ter acesso a esta tecnologia;
- Para a utilização da ferramenta, basta que se tenha acesso à internet, a aplicação instalada e modelos disponíveis para a visualização;
- Facilidade de manuseamento da ferramenta;
- Baixo custo.



Aspetos que ainda podem ser melhorados, relativamente ao desenvolvimento da experiência:

- Acesso limitado a alguns programas de 3D;
- Deixou de operar com alguns programas;
- Limitação a nível de texturas, uma vez que são pouco realistas;
- Limite de tamanho do ficheiro;
- Não permite “localizar” o modelo, exatamente no espaço que se pretende, na imagem associada ao tracker;
- Reduzida dimensão dos dispositivos (telemóveis) o que correspondia sempre a uma vista exterior dos modelos.

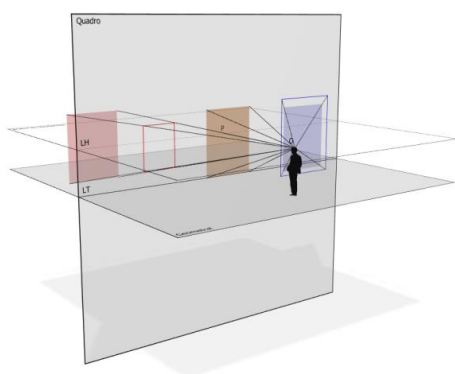


Fig.54: Exemplo Modelo em realidade aumentada.

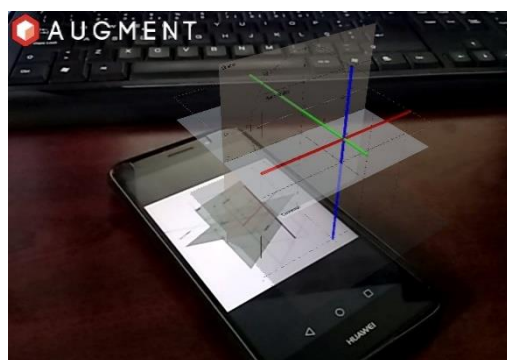


Fig.55: Experiência de realidade aumentada, visto no telemóvel.

Relativamente ao feedback que se obteve da experiência por parte dos alunos, foi algo negativa. Ao contrário da realidade virtual que permite a visualização de objetos à escala do ser humana, aqui, estes tipos de experiências apresentam modelos de pequenas dimensões, uma vez que são visualizados através de um ecrã de telemóvel (Fig.55), o que torna mais difícil a sua perceção em alguns pormenores específicos. Outra necessidade sentida durante a experiência foi o facto de não haver interação nenhuma, ou objetos animados, que permitissem por exemplo visualizar situações como: rebatimento de planos; interseções de planos; ou simplesmente a construção de um objeto no espaço, de forma a entender melhor as suas características. Nesse sentido, verificou-se que os alunos não criaram muita empatia pela tecnologia em si, e que visualizavam uma vez e não voltavam a repetir a experiência, no fundo, não sentiram que esta experiência serviria como um recurso útil para ser utilizado recorrentemente nas aulas.

### 2.6.2 Realidade Virtual na História da Arquitetura

*“Thanks to the feeling of presence VR provides, students can learn about a subject by living it. It’s easy to forget that VR experiences aren’t real — a body actually believes it’s in a new place. \_is feeling engages the mind in a way that is remarkable”* (BABICH, 2019).

A disciplina de História da Arquitetura está dentro dos grupos das disciplinas que pode beneficiar com a introdução da realidade virtual no processo de ensino. Nick Babich faz referência à facilidade que é, de uma pessoa se “confundir” com o que é real ou não, mas a verdade é mesmo essa, tendo em conta às tecnologias de ponta que temos acesso atualmente. Este será um fator determinante, quando se quer aprender sobre certos edifícios que foram tendo a sua importância para a História ao longo dos anos, pois graças à sensação de total imersão que nos é dada pela realidade virtual, é possível estudar um edifício na íntegra.

Por vezes, é difícil para os professores transmitirem a ideia de um certo edifício, através de fotos, ou modelos 3D (quando existem) e até já vão aparecendo edifícios com algum detalhe por exemplo no google maps, onde se pode ter também uma experiência interessante. É certo que estes elementos permitem conhecer a História e por norma são os métodos tradicionais utilizados, mas a meu ver, o que lhes falta é a parte da experiência e poder visualizar tudo á volta com o pormenor, que apenas é possível, quando estamos de facto no local pretendido.

Deverá ser sempre interessante, dar a oportunidade aos alunos de poderem explorar um edifício histórico ou uma época, por exemplo como a *Grécia Antiga*, Imaginar que poderão caminhar sobre uma cidade grega, como Atenas e ter a capacidade de visualizar e explorar vários elementos que marcaram a época, é algo que pode tornar uma aula de História diferente do habitual, ainda para mais, quando esta disciplina tem o rótulo de ser “entediante”, como muitos lhes chamam.

Muitos professores provavelmente preferiam levar os seus alunos aos locais pretendidos, para que tivessem de facto uma experiência real dos acontecimentos, mas a verdade é que muito raramente se vê isso a acontecer, devido ao facto de ser bastante dispendioso uma ação destas. A realidade virtual nesse aspeto poderá ser fundamental, primeiro porque uma viagem imersiva não revela grandes custos e segundo porque tem a capacidade de “transportar” os alunos para épocas mais antigas ou mesmo atualmente em locais mais distantes. Nesse sentido, requer-se que os modelos 3D apresentem o maior detalhe possível de forma a tornar a experiência o mais real, através: da inclusão de pessoas para se

ter uma noção de escala; da própria materialidade, que terá necessariamente de ter bastante qualidade; ou até mesmo dos elementos que compõem a natureza, dando força à envolvente que por vezes se encontra á volta dos edifícios.

#### 2.6.2.1 Caso de Estudo 1

Este caso de estudo foi retirado da página de internet, *Dezeen and Mini Frontiers*, cujo artigo é, *Virtual reality will allow architects "to change the world like a god"*, de Benedict Hobson. Embora este exemplo não esteja ligado diretamente à História, optou-se por recorrer a este estudo como uma referência, tendo em conta que, a maior parte dos edifícios de antigamente ou mesmo aqueles que são de mais difícil acesso, podem ser modelados através de fotografias ou desenhos técnicos, que constam em livros ou na internet. Como tal, este objeto de estudo, é um bom exemplo, de que, nem sempre é necessário ou possível ir ao local para a criação de modelos virtuais.

Demangel, um designer, que trabalha para a London 3D, numa entrevista para a Dezeen decidiu apresentar um modelo de realidade virtual que tinha criado do projeto de uma casa no país de Gales do atelier de arquitetura, *Featherstone Young*. Ele nunca tinha visitado a casa na realidade, mas através de imagens e desenhos técnicos que encontrou na internet, construiu o modelo virtual, afirmando que o mesmo é 90% realista. Pretende com este pequeno exemplo mostrar a utilidade desta ferramenta, afirmando que há uma forte tendência para o seu uso num futuro próximo por parte dos arquitetos e dos designers que vão ter como objetivo enviar para os seus clientes modelos virtuais dos seus projetos para que estes possam utilizar a tecnologia, evitando assim longas viagens que muitas vezes são necessárias.

Inicialmente Demangel, começou por esboçar algo de forma esquemática numa mesa gráfica do que pretendia modelar. De seguida, procedeu à modelação 3D do projeto, tendo sido realizada no programa 3ds Max, a partir de fotografias e desenhos técnicos da internet, exportando depois para o programa Unreal Engine, que por sua vez permitirá a visualização em realidade virtual, através de dispositivos. Neste modelo há uma grande interatividade por parte do utilizador com a ajuda dos Oculus Rift, tendo em conta que consegue de forma virtual, abrir portas, acender luzes, modificar a materialidade do projeto ou caminhar pela casa. Demangel faz referência a estas ações por parte do utilizador, como sendo algo muito bom para a própria arquitetura e só mesmo experienciando esta tecnologia, podemos de facto ver, o quão convincente, o mundo virtual pode ser.

Dá o exemplo de que seria uma mais-valia para os agentes imobiliários, utilizarem esta tecnologia, pois assim não haveria necessidade absoluta de ir ao próprio local para visitar as casas e fala ainda, da vantagem que possibilita o arquiteto em enviar o projeto para o seu cliente, para que este possa experienciá-lo virtualmente, uma vez que a RV permite que personalizem o projeto, ao seu próprio gosto.

Questionado sobre as vantagens que a RV pode ter em relação às ferramentas tradicionais e o processo de projetar com a mesma tecnologia, Demangel refere que os Oculus Rift são essenciais, visto terem a capacidade de detetar falhas e até mesmo problemas que possam existir na própria arquitetura. Afirma também que a única coisa que poderia competir com a realidade virtual, seriam modelos feitos à escala humana, o que seria demasiado caro, tendo em conta que um projeto por norma passa por várias fases de alterações.



Fig.56: Vista de um espaço da casa. À esquerda: fotografia real; à direita: Realidade Virtual.

### 2.6.2.2 Caso de Estudo 2

Este segundo exemplo foi retirado de um site da internet, que publica várias notícias a nível mundial, *The Verge*, que por sua vez publicou o artigo, *Google will help preserve endangered historical sites in virtual reality*, que fala sobre a preservação histórica, através da realidade virtual. Optou-se por escolher este exemplo, tendo em conta o seu tema, vai de encontro com a disciplina de História.

A CyArk é uma organização sem fins lucrativos, fundada em 2003 que tem como objetivo, registar e arquivar digitalmente o património cultural com mais relevância a nível mundial, de forma a garantir que esses locais se mantenham “vivos” durante vários anos. A Google, fez uma parceria com essa organização, para que pudesse de alguma forma, ajudar no processo de preservar os locais históricos, que correm riscos devido ao ser humano, assim como os desastres naturais. Para reforçar essa necessidade, a CyArk dá o exemplo do incêndio repentino que aconteceu no Museu Nacional do Rio de Janeiro, em setembro de 2018, sendo este o maior Museu de História Natural da América do Sul (Fig.57). O mesmo continha mais de 20 milhões de elementos, que tinham sido guardados desde os 200 anos da sua história, desde: artefactos indígenas; esqueletos de dinossauros; e até um esqueleto com 12 000 anos, do ser humano mais antigo encontrado no continente da América.



Fig.57: Incêndio que aconteceu no Museu Nacional do Rio de Janeiro, em setembro de 2018.

O projeto ficou reconhecido como *Open Heritage project* e a ideia era utilizar a tecnologia já praticada pela CyArk, através do varrimento a laser que permite captar os dados mais relevantes de um determinado local histórico, adicionando a outra componente, que é recriá-los de forma virtual e colocá-los na internet, para que as pessoas pudessem experienciá-los através de um dispositivo móvel ou através dos óculos de RV. Sobre este projeto, Chance Coughenour, um arqueólogo, referiu que através das novas tecnologias, se pode captar os vários pormenores de um determinado monumento, desde a cor como a sua textura, graças aos scanners a laser que têm uma precisão milimétrica 3D, nunca antes visto.



A Google refere que através deste projeto, as pessoas poderão explorar virtualmente a história de cerca de 25 locais emblemáticos, em 18 países e dá como exemplos de possíveis visitas, o Palácio Al Aze na Síria que tinha sido completamente destruído devido à guerra e o caso da antiga metrópole de Maia Chichen Itza, no México.

Apresentando alguns exemplos como o caso do Museu Nacional do Rio de Janeiro que foi destruído quase de uma forma repentina, a CyArk pretende reforçar a importância que esta organização poderá vir a ter, não apenas no sentido de preservar digitalmente patrimónios em risco, assim como, disponibilizar elementos da sua história, para gerações futuras.

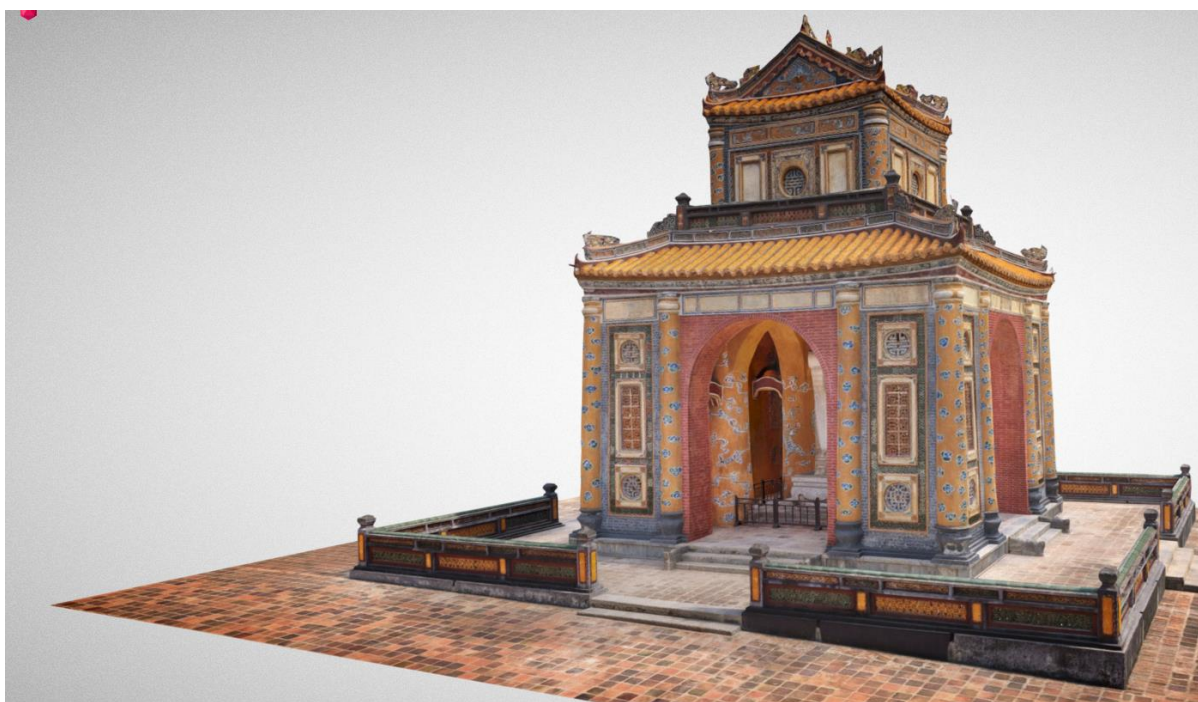


Fig.58: Exemplo de uma experiência online, da CyArk, túmulo de Tu Duc em Thua Thien-Hue.

## **Síntese**

Após a análise aprofundada sobre a Realidade Virtual, através dos vários conceitos intrínsecos, assim como a sua aplicação, podemos verificar que esta tecnologia tem vindo a ser bastante importante para o desenvolvimento de várias áreas. Como tal, prevê-se de igual forma que a sua utilização se torne recorrente no Ensino da Arquitetura, de forma a maximizar os processos de ensino/aprendizagem. Nesse sentido, no próximo capítulo serão apresentados dois estudos práticos, que pretendem demonstrar esse propósito.

# **CAPÍTULO 3**

**COMPONENTE PRÁTICA**

### 3. COMPONENTE PRÁTICA

Este capítulo divide-se em duas experiências práticas, que pretende, aplicar e explorar a tecnologia digital de RV, como ferramenta de auxílio no ensino da Geometria Descritiva e da História da Arquitetura.

O primeiro estudo é afeto à disciplina de Geometria Descritiva desenvolvido pelo autor. Aqui serão apresentados os seguintes pontos: contexto do estudo; metodologia utilizada; análise dos resultados; e discussão dos resultados.

Quanto ao segundo estudo, está relacionado com a disciplina de Cultura da Arquitetura e da Cidade e à semelhança do primeiro estudo, serão apresentados também: contexto do estudo; metodologia utilizada; resultados dos questionários; análise e discussão dos resultados.

No surgimento do tema desta dissertação, foi dada a oportunidade de realizar estes dois estudos com os alunos da Faculdade de Arquitetura, em sala de aula. Nesse sentido, houve um aspeto comum a ter em conta nos dois estudos, que era tentar que a prática desta tecnologia pudesse vir a ser acessível por todos aqueles que pretendessem criar uma experiência de realidade virtual deste tipo. Assim sendo, procurou-se por programas que fossem open source, ou em alternativa, que fosse possível a obtenção de licenças gratuitas/estudante na internet.

#### 3.1 Estudo Prático da Geometria Descritiva

O presente subcapítulo apresenta uma solução de realidade virtual, através de uma experiência aplicada, como forma de aprender a Geometria Descritiva, através de várias fases que serão apresentadas de seguida.

##### 3.1.1 Contexto do estudo

*"Every work of art is an interpretation of the world, of what you are thinking; a realization of your perception which creates and attempts a different world. In the end, a work of art is merely an offering to art" (CANDELA).*



Félix Candela foi um arquiteto com nacionalidade espanhola e mexicana, que teve um papel fundamental na resolução de alguns problemas que existiram no passado relativamente às estruturas, nomeadamente, através do desenvolvimento de novas formas estruturais em betão armado. Foi o fundador da empresa, *Cubiertas Ala*, em 1950, que tinha como objetivo a construção de estruturas em betão armado de diversas formas, ficando famoso a nível internacional devido a esse fator. Graças a essa inovação, surgiram alguns projetos com essa técnica aplicada tais como: Pavilhão dos Raios Cósmicos, na cidade do México (1951); a Capela da Palmira em Cuernavaca (1958); o Restaurante Los Manantiales (1958) (Fig.59); e o Palácio dos Desportos para os Jogos Olímpicos de 1968, na Cidade do México.

Anos mais tarde e passando pelos Estados Unidos, Candela decidiu concentrar-se mais no capítulo da arquitetura, tendo realizado inúmeros projetos e a característica que mais se evidenciou na maior parte desses projetos, foi o uso do *Paraboloide Hiperbólico*, uma forma da geometria, que se tornou uma das suas marcas naquela época.

Para que fosse possível a construção de edifícios através destes métodos, foi necessário um estudo da geometria, neste caso das superfícies de casca ou empenadas. Como tal, o programa do 1º ano na Geometria Descritiva é o estudo de algumas dessas superfícies, nomeadamente, *a Cilindróide*, *a Conóide*, *a Hiperbolóide de Revolução*, *a Superfície de Arco Enviado* e *o Paraboloide Hiperbólico*, sendo estes elementos, o foco principal desta experiência.

Indo de encontro com o programa do 1º ano, a ideia é mostrar a geração dessas superfícies e dar ainda, a possibilidade de os alunos poderem experienciar o seu interior, para que tivessem também outra perceção relativamente ao espaço que é gerado dentro desses objetos.



Fig.59: Restaurante Los Manantiales, Felix Candela, 1958.

### 3.1.2 Metodologia utilizada

Neste subcapítulo serão apresentadas as várias fases que permitiram o desenvolvimento do estudo em questão, através dos seguintes pontos: amostra, equipamentos e programas utilizados, criação da experiência de realidade virtual, procedimento, conteúdo do questionário.

#### 3.1.2.1 Amostra e Local

Esta experiência de realidade virtual foi realizada com dezanove alunos, sendo cinco do sexo masculino e catorze do sexo feminino.

Teve lugar nas instalações da Faculdade de Arquitetura – Universidade de Lisboa, mais precisamente na aula de Geometria Descritiva e Conceptual I, no dia 13 de dezembro de 2019, com a turma A do 1º ano do Mestrado Integrado em Arquitetura – especialização em Interiores e Reabilitação do Edificado, lecionada pelo professor Luís Mateus.



Fig.60: Espaço da experiência RV. Geometria Descritiva.

### 3.1.2.2 Equipamentos e programas utilizados

Para a modelação dos objetos 3D, utilizou-se o computador Acer Predator, com as seguintes especificações:

- Processador: Intel I7-8750H CPU 2.2 GHz (Turbo 4.1 GHz)
- Placa Gráfica: NVIDIA GeForce GTX 1050 Ti – 4GB DDR4
- Memória Ram: 16GB RAM

Como programas para a modelação dos objetos 3D, utilizou-se o Autocad 2019 versão estudante, o Sketchup 2019 versão estudante e o SimLab Composer versão estudante.

Relativamente à visualização da experiência em realidade virtual, o dispositivo utilizado foram os óculos HTC Vive, disponibilizados pelo Laboratório de Realidade Virtual da Faculdade de Arquitetura de Lisboa (Fig.61), e o computador Asus do professor Luís Mateus (Fig.62), com as seguintes especificações:

- Processador: Intel I7-7700HQ CPU 2.8 GHz
- Placa Gráfica: NVIDIA GeForce GTX 1060
- Memória Ram: 32GB RAM

Quanto ao software de visualização para a experiência em realidade virtual, foi o Simlab VR Viewer versão gratuita.



Fig.61: Óculos HTC Vive, para a experiência RV.



Fig.62: Computador usado para a experiência RV.

### 3.1.2.3 Criação da experiência

O professor Luís Mateus forneceu-me em esboços, as várias superfícies geométricas, que serviram de base para delinear a melhor estratégia para a criação e consecutivamente apresentação dos modelos 3D em realidade virtual. No fundo, esta experiência tinha como objetivo levar os alunos a um espaço virtual criado, para que tivessem perceção das superfícies geométricas à sua volta e ainda, poderem visualizar os vários métodos de geração desses modelos, através de animações desencadeadas por determinadas ações dentro do ambiente de RV. No fundo produziu-se um pequeno jogo:

A primeira fase, era a criação das superfícies através do Autocad para a planificação de alguns elementos e do Sketchup para a modelação. O passo seguinte seria a exportação das superfícies modeladas para o Simlab Composer, a fim de serem gerados modelos virtuais.

De uma forma abrangente, explicar-se-á alguns dos passos que foram dados, para o desenvolvimento da experiência.

Começou-se pela modelação dos objetos da geometria e surge assim o *Cilindróide*:

- Desenho de dois planos frontais, com uma spline circunscrita em cada um desses planos;
- Desenho de um plano diretor, perpendicular (perfil) aos planos frontais;
- Avançar o plano de forma a intersestar essas splines, originando pontos;
- União dos pontos, através de retas;
- Delinear a superfície gerada, através das retas de interseção;
- Aplicação de materialidade (transparências e cores);
- Exportação do modelo Sketchup para o SimLab Composer;
- Fazer uma versão do modelo animado através da ferramenta de animação (Fig.62);
- Fazer outra versão do modelo, com carácter arquitetónico, através de texturas com algum nível de realismo (Fig.63);
- Exportação de ambos os modelos para o Simlab VR Viewer.

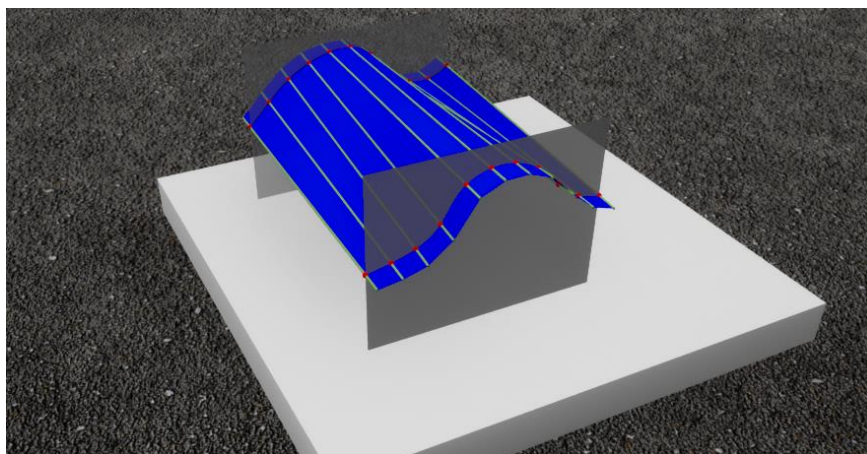


Fig.63: Modelo Animado Cilindróide, Experiência RV.

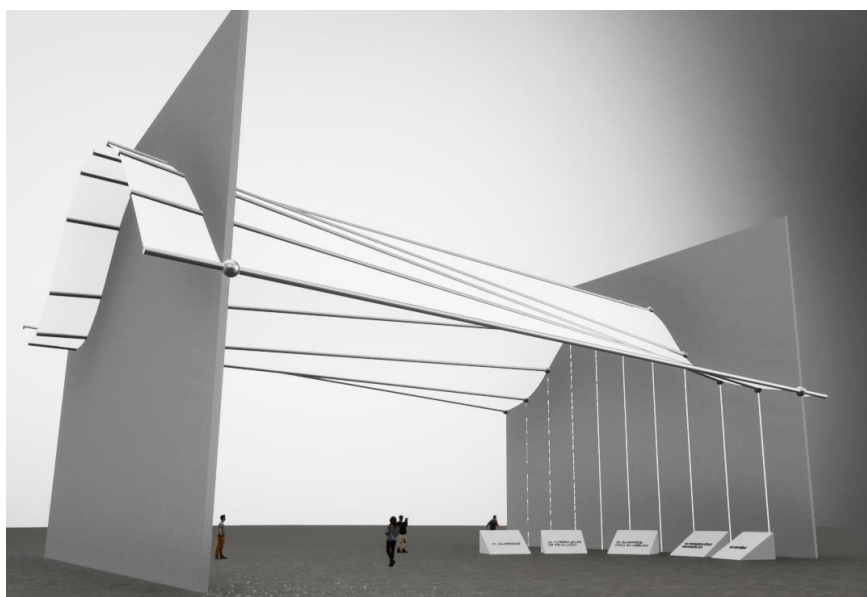


Fig.64: Modelo Arquitetónico Cilindróide, Experiência RV.

O seguinte modelo é a *Hiperbolóide de Revolução*:

- Desenho de uma circunferência e duas retas (uma vertical e a outra oblíqua);
- Offset da circunferência e desenho dos raios, intersecando as retas, originando pontos;
- Array da reta oblíqua, ao longo da circunferência;
- Aplicação de materialidade (transparências e cores);
- Exportação do modelo Sketchup para o SimLab Composer;
- Fazer uma versão do modelo animado através da ferramenta de animação (Fig.65);
- Fazer outra versão do modelo, com caracter arquitetônico, através de texturas com algum nível de realismo (Fig.66);
- Exportação de ambos os modelos para o Simlab VR Viewer.

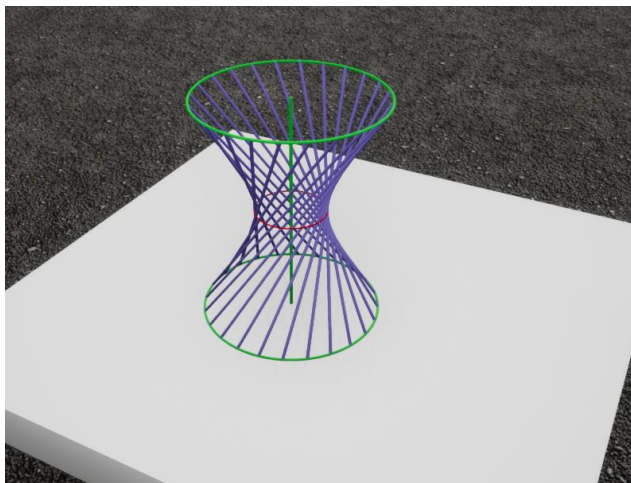


Fig.65: Modelo Animado H. de Revolução, Experiência RV.



Fig.66: Modelo Arquitetônico H. de Revolução, Experiência RV.



Para a criação da *Superfície de Arco Enviesado*:

- Desenho de dois planos frontais, com uma spline circunscrita em cada um desses planos;
- Desenho de um plano diretor oblíquo aos planos frontais;
- Rebatimento do plano diretor em 180°, de forma a intersestar essas splines, originando pontos;
- União dos pontos, através de retas;
- Delinear a superfície gerada, através das retas de interseção;
- Exportação do modelo Sketchup para o SimLab Composer;
- Fazer uma versão do modelo animado através da ferramenta de animação (Fig.67);
- Fazer outra versão do modelo, com caracter arquitetônico, através de texturas com algum nível de realismo (Fig.68);
- Exportação de ambos os modelos para o Simlab VR Viewer.

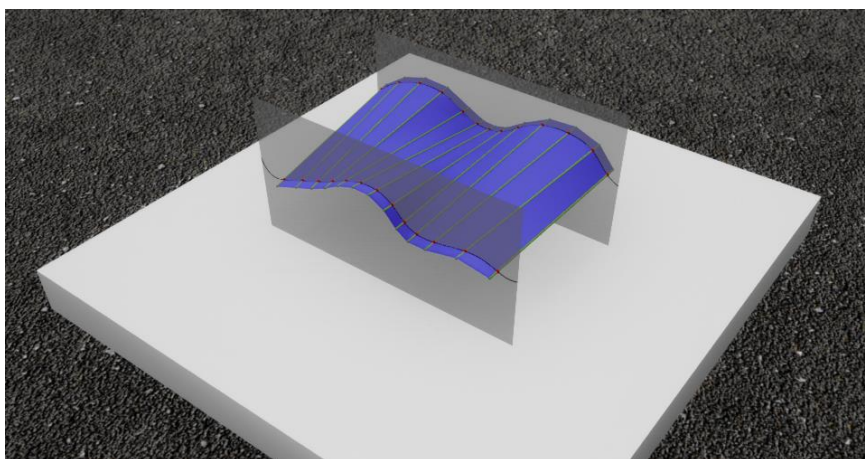


Fig.67: Modelo Animado Superfície de Arco Enviesado, Experiência RV.

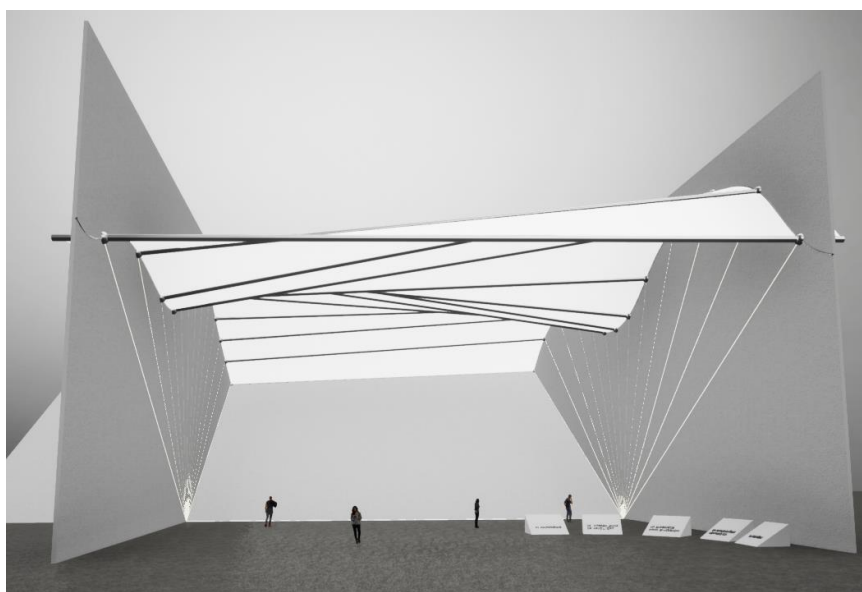


Fig.68: Modelo Arquitetônico Superfície de Arco Enviesado, Experiência RV.

Segue-se o *Parabolóide Hiperbólico*:

- Desenho de um quadrado;
- Offset desse quadrado e desconstruindo-o;
- Desenho de 2 planos diretores perpendiculares;
- Avançar esses 2 planos diretores de forma a intersestar o quadrado, originando pontos;
- União dos pontos, através de retas;
- Exportação do modelo Sketchup para o SimLab Composer;
- Fazer uma versão do modelo animado através da ferramenta de animação (Fig.69);
- Fazer outra versão do modelo, com caracter arquitetónico, através de texturas com algum nível de realismo (Fig.70);
- Exportação de ambos os modelos para o Simlab VR Viewer.

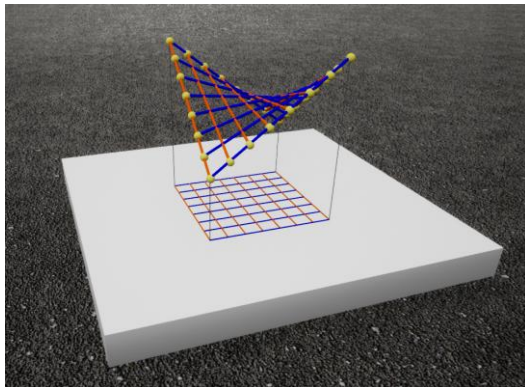


Fig.69: Modelo Animado Parabolóide Hiperbólico, Experiência RV.



Fig.70: Modelo Arquitetónico Parabolóide Hiperbólico, Experiência RV.



Por último, o *Conóide*:

- Desenho de dois planos frontais, com uma spline circunscrita num deles e no outro uma reta oblíqua;
- Desenho de um plano diretor, perpendicular (frontal) aos planos frontais;
- Avançar o plano de forma a intersestar a spline e a reta oblíqua, originando pontos;
- União dos pontos, através de retas;
- Delinear a superfície gerada, através das retas de interseção;
- Aplicação de materialidade (transparências e cores);
- Exportação do modelo Sketchup para o SimLab Composer;
- Fazer uma versão do modelo animado através da ferramenta de animação (Fig.71);
- Fazer outra versão do modelo, com caracter arquitetónico, através de texturas com algum nível de realismo (Fig.72);
- Exportação de ambos os modelos para o Simlab VR Viewer.

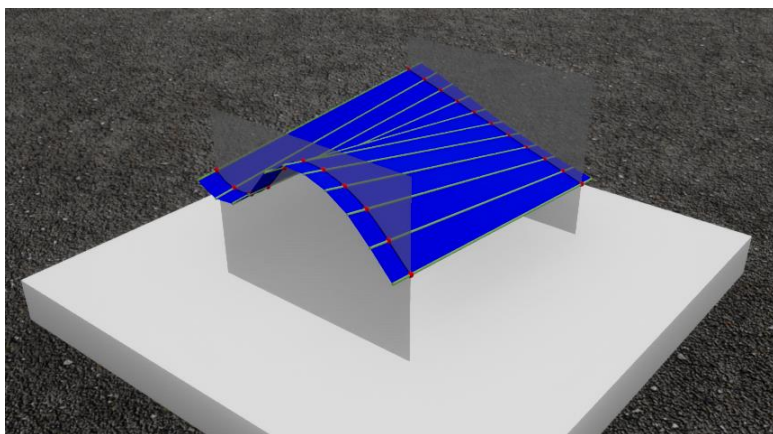


Fig.71: Modelo Animado Conóide, Experiência RV.

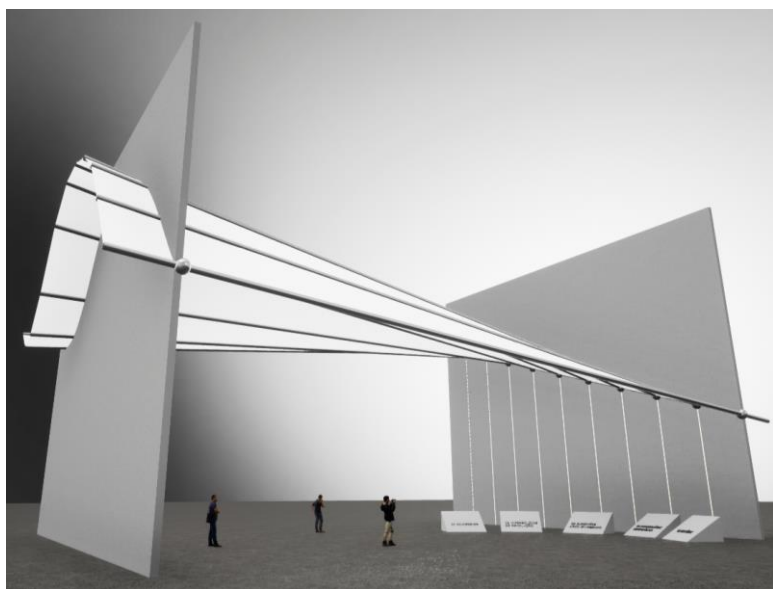


Fig.72: Modelo Arquitetónico Conóide, Experiência RV.

Após a criação de todas as superfícies em RV, seria então possível dar início à experiência. Numa fase inicial a ideia era fazer uma experiência em separado de cada modelo, mas depois verificou-se que não seria tão prático e nesse sentido, optou-se por realizar uma espécie de jogo interativo, para que os alunos tivessem um maior interesse sobre o teste proposto. Mas antes disso, como se podia prever que muitos dos alunos que fossem realizar o estudo, tivessem tido antes, pouco ou nenhum contacto com a realidade virtual, houve a necessidade de criar uma espécie de jogo de treino (jogo introdutório), para que pudessem aprender as mecânicas do sistema, nomeadamente: a funcionalidade do comando; o modo de navegação no ambiente virtual; a seleção de objetos; ou até mesmo a verificação do conforto/desconforto dos óculos virtuais.

### Jogo Introdutório

Durante este jogo, o aluno deparava-se com 4 plataformas à sua volta e optando por uma delas qualquer, originaria uma mensagem que o faria deslocar-se a um dos objetos geométricos presentes no espaço virtual com diferentes escalas. De seguida, tinha de seleccionar a opção que correspondia à dimensão daquele objeto (maior, 2º maior, 3º maior e menor). Se estivesse correta, a opção tornava-se verde, em caso de resposta errada, a opção tornava-se vermelha. Nesse sentido a criação deste jogo foi com o objetivo de ajudar o aluno a manusear os dispositivos de realidade virtual, assim como, explorar a sua perceção relativamente à escala dos objetos em ambiente virtual.

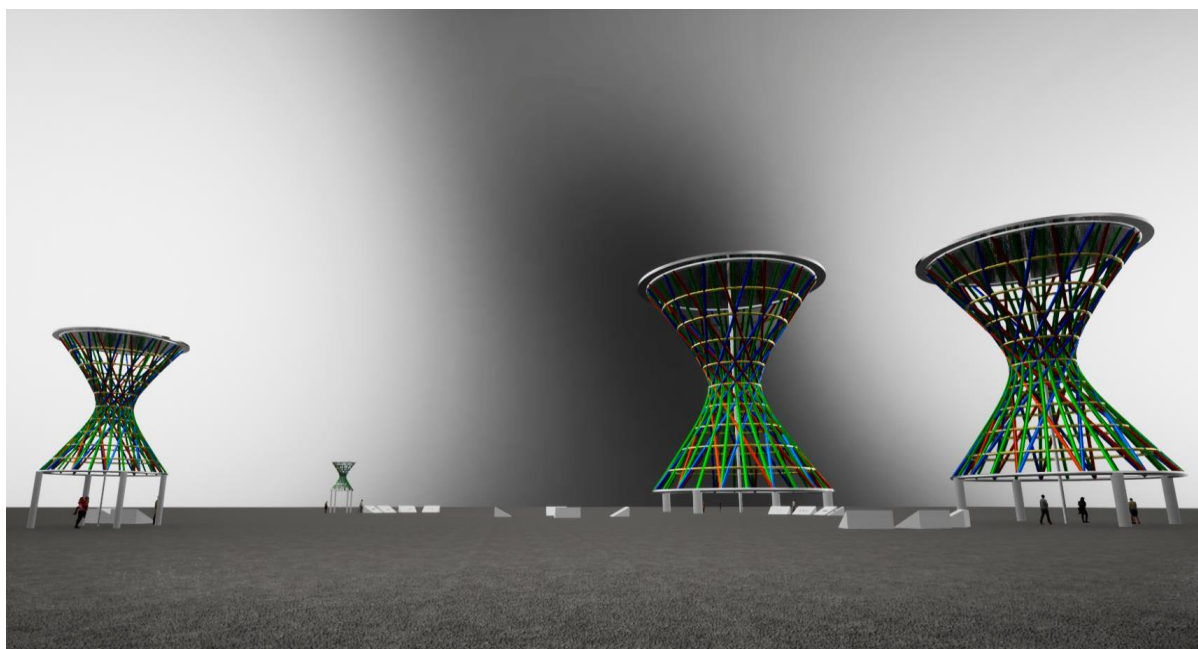


Fig.73: Espaço Jogo Introdutório, Experiência RV.

### Jogo das Superfícies

O espaço deste jogo, pode ser entendido como uma espécie de “feira”, que incluía alguma das superfícies empenadas, em dimensões reais.

Uma vez imersos no ambiente virtual, o aluno tem ao seu redor 5 plataformas, que ao selecionar uma delas, seria gerada uma animação de uma superfície empenada. De seguida, teria de se deslocar ao objeto à escala real (edifício de arquitetura) que visualizou na animação e escolher a opção correta, relativamente ao seu nome, à semelhança do que tinha sido feito no jogo introdutório.

No fundo, este jogo tinha como objetivo mostrar aos alunos, o programa que tinha sido lecionado durante o semestre, através da realidade virtual e ainda confirmar se seria, porventura mais fácil o seu ensino através deste método ou não.

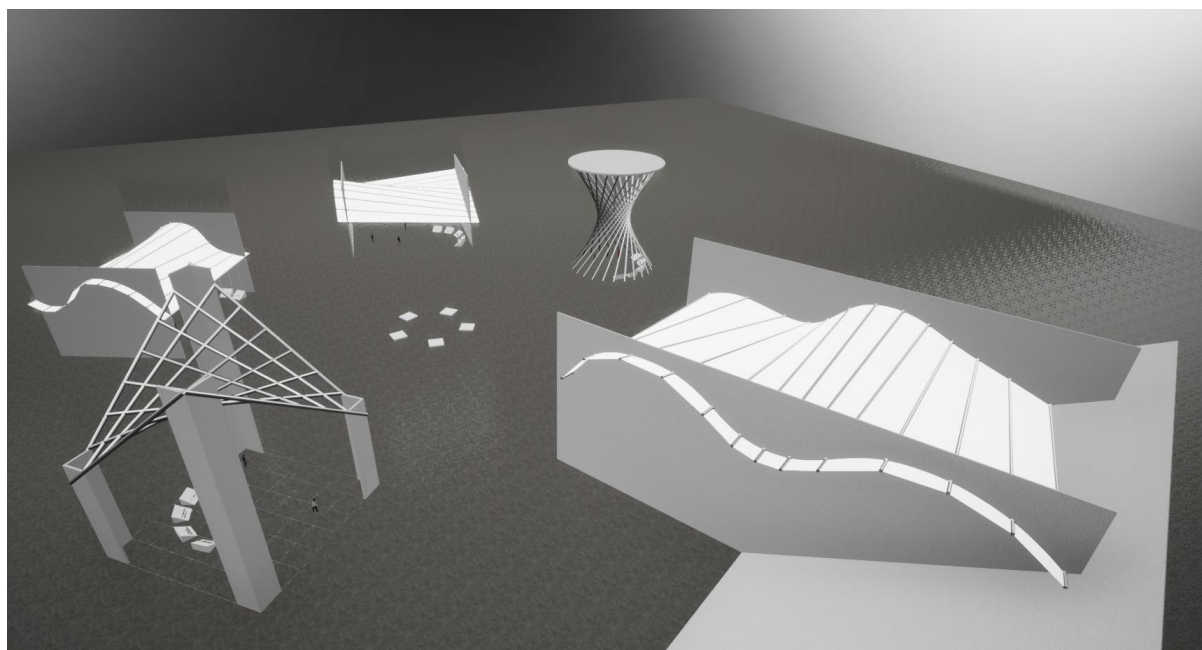


Fig.74: Espaço Jogo das Superfícies, Experiência RV.

### 3.1.2.4 Procedimento

Para a preparação das experiências RV, recorreu-se ao professor Francisco (responsável pelo Laboratório de RV, ERGO UX), que se mostrou desde início disponível para ajudar em todo o processo. Nesse sentido, foram realizadas algumas visitas ao Laboratório de RV (Fig.75), primeiramente para a instalação dos software e de seguida, para conhecer e praticar com os equipamentos previstos para o estudo em questão.

No dia anterior à experiência com os alunos, foi efetuado um teste prévio do sistema na sala de aula (Fig.76), para que se pudesse verificar quanto às dimensões da mesma, se seriam suficientes ou não, para a montagem dos equipamentos.

Relativamente ao estudo, a turma foi previamente informada que iria haver uma aula de Geometria Descritiva, em contexto diferente do habitual, em que paralelamente à aula tradicional seria realizada uma experiência de RV.

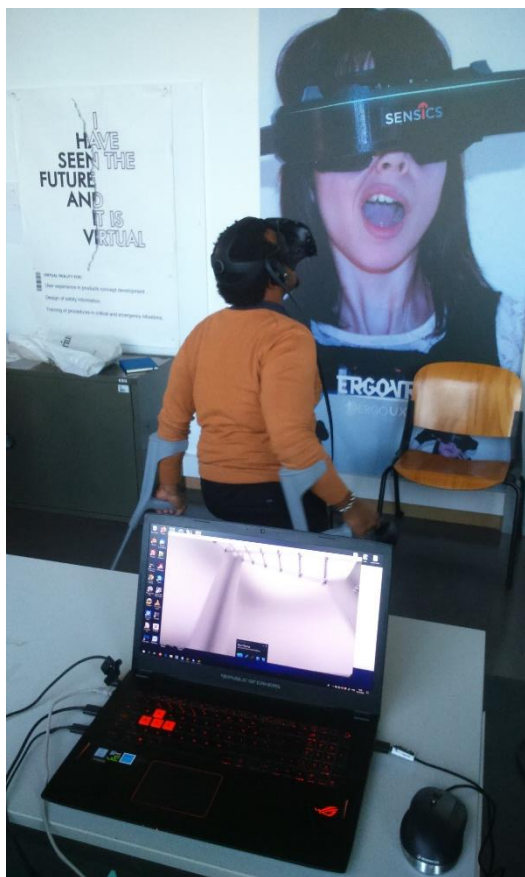


Fig.75: Laboratório de RV.



Fig.76: Teste prévio na sala de aula.

Antes de se iniciar o estudo, foi feita uma apresentação sobre o objetivo da experiência, tal como a explicação do manuseamento dos sensores. Explicou-se como era feita a locomoção (clicar no botão superior enquanto aponta; ao largar desloca-se) e a seleção de objetos (apontar e fazer apenas um clique com botão inferior). Referiu-se que seriam dadas instruções ao longo da experiência, ainda assim, achou-se pertinente realizar um guião com algumas instruções sobre cada jogo, para que os alunos pudessem ter acesso antes de entrarem na experiência. Nesse sentido as instruções tinham a seguinte configuração:

### Jogo introdutório

- Pedir para olhar em redor. Subir e baixar o ponto de vista (pedir ao aluno para se baixar).
- Pedir ao aluno para se deslocar fisicamente avançando e recuando.
- Pedir para selecionar uma das plataformas.
- Pedir para se deslocar ao objeto indicado, indo ao interior, e olhar em redor.
- Pedir para ir junto das seleções possíveis e selecionar a correta.
- Pedir para regressar ao ponto inicial.
- Fim de teste.

### Jogo das Superfícies

- Pedir para olhar em redor e aproximar-se de uma das plataformas.
- Pedir para selecionar uma das plataformas clicando apenas uma vez. Pedir para visualizar animação até ao final. Indicar que pode revê-la mais uma vez, selecionando de novo após terminar a primeira.
- Pedir para se deslocar até ao “edifício” correspondente e selecionar a designação correta.
- Pedir para voltar ao ponto inicial.
- Pedir para repetir a experiência com outra superfície e terminar voltando ao ponto de origem.
- Fim de experiência.



Um aspeto também importante, foi o facto de os participantes terem realizado a sessão em pé, para que pudessem deslocar-se e interagir no ambiente virtual, um pouco à semelhança do que fazem na realidade. No fim de cada sessão foi pedido a cada um, que preenchesse um questionário. Achou-se pertinente ainda, tomar notas durante as experiências de cada aluno, para se obter também algumas conclusões, através das suas reações e/ou observações.



Fig.77: Estudo Prático. Geometria Descritiva 1.



Fig.78: Estudo Prático. Geometria Descritiva 2.

### 3.1.2.5 Conteúdo do questionário

Foi efetuado uma primeira versão de um questionário, tendo sido testado por alunos de outra turma, que permitiu chegar à conclusão que havia certos aspetos a serem melhorados. Nesse sentido, houve a necessidade fazer uma segunda versão, sendo que este, divide-se em três partes e é constituído por duas folhas frente e verso. Optou-se por não realizar um questionário muito extenso, colocando o enfoque num número reduzido e objetivo de perguntas/questões. Para cada pergunta, havia 5 hipóteses de resposta, o mais direta possível.

Na 1ª parte pretendia-se avaliar o nível de imersão e conforto, o modo de navegação e interação, e a clareza das tarefas solicitadas na experiência, através de 5 perguntas (A-E).

Na 2ª parte pretendia-se avaliar até que ponto a Realidade Virtual se pode constituir como recurso no processo de ensino/aprendizagem em Geometria Descritiva, através de 8 perguntas (A-H).

Na 3ª parte é deixado um campo de resposta aberta para comentários e sugestões.

Constava ainda no questionário, que os dados recolhidos seriam tratados de forma anónima.

### 3.1.3 Resultados dos questionários

Este subcapítulo tem como objetivo mostrar os resultados referentes aos questionários realizados pelos alunos, de forma a verificar se esta ferramenta pode ser uma mais valia para o ensino da Geometria Descritiva. Nesse seguimento, serão apresentados em tabelas, os resultados das respostas referentes às partes 1 e 2 do questionário.

O software utilizado para a análise dos resultados foi o Excel, de forma a serem verificadas em termos percentuais as várias respostas dadas.

Resultados das respostas da Parte 1:

*A. Como caracteriza o nível de imersão da experiência?*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Nada imerso.	0	0.0
2. Pouco imerso.	0	0.0
3. Imerso.	0	0.0
4. Bastante imerso.	11	57.9
5. Totalmente imerso.	8	42.1

Tabela 01

Relativamente ao nível de imersão experienciada na realidade virtual, 11 alunos (57.9%) responderam que consideraram a experiência bastante imersa, sendo que os restantes 8 alunos (42.1%) consideraram a experiência totalmente imersa.



*B. Como caracteriza o modo de navegação da experiência?*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Extremamente Difícil.	0	0.0
2. Difícil.	0	0.0
3. Nem difícil nem fácil.	2	10.5
4. Fácil.	9	47.4
5. Extremamente Fácil.	8	42.1

Tabela 02

Quanto ao modo de navegação que foi realizada durante a experiência, pode-se observar na tabela 02 que apenas 2 alunos (10.5%) responderam que a navegação no ambiente virtual não foi, nem difícil nem fácil. 9 alunos (47.4%) consideraram fácil e 8 alunos (42.1%) avaliaram a navegação como sendo extremamente fácil.

*C. Como caracteriza o modo de interação da experiência?*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Extremamente Difícil.	0	0.0
2. Difícil.	0	0.0
3. Nem difícil nem fácil.	0	0.0
4. Fácil.	13	68.4
5. Extremamente Fácil.	6	31.6

Tabela 03

Em relação à forma como é feita a interação, 13 alunos (68.4%) acharam que a seleção dos objetos presentes no ambiente virtual foi fácil, sendo que os restantes 6 alunos (31.6%) responderam que foi extremamente fácil.

*D. Como caracteriza o nível de conforto/desconforto na experiência?*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Completamente desconfortável.	0	0.0
2. Desconfortável.	0	0.0
3. Nem desconfortável nem confortável.	2	10.5
4. Confortável.	6	31.6
5. Completamente confortável.	11	57.9

Tabela 04

Relativamente ao nível do conforto ou desconforto durante a experiência verificou-se que apenas 2 alunos (10.5%) responderam que a experiência não foi, nem desconfortável nem confortável. 6 alunos (31.6%) sentiram que foi confortável e 11 alunos (57.9%) completamente confortável.

*E. Como caracteriza o modo como foram descritas as ações solicitadas na experiência?*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Completamente incompreensível.	0	0.0
2. Incompreensível.	0	0.0
3. Compreensível.	2	10.5
4. Bastante compreensível.	4	21.1
5. Completamente compreensível.	13	68.4

Tabela 05

A última questão da Parte 1, diz respeito à forma como foram descritas as ações durante a experiência. 2 alunos (10.5%) acharam que foi compreensível, 4 alunos (21.1%) responderam que foi bastante compreensível e 13 alunos (68.4%), que foi completamente compreensível.

Resultados das respostas da Parte 2:

A. *A realidade virtual facilita o entendimento da geometria no espaço incluindo os processos gerativos das formas.*

Resposta	Alunos	%
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	0	0.0
4. Concordo.	4	21.1
5. Concordo inteiramente.	15	78.9

Tabela 06

Relativamente à facilidade que a realidade virtual proporciona ao utilizador em entender melhor a geometria no espaço, apenas 4 alunos (21.1%) concordaram com essa afirmação, sendo que os restantes 15 alunos (78.9%) concordaram inteiramente.

*B. O realismo do ambiente em Realidade Virtual, é determinante para o entendimento da geometria no espaço incluindo os processos gerativos das formas.*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	2	10.5
4. Concordo.	9	47.4
5. Concordo inteiramente.	8	42.1

Tabela 07

Quanto ao realismo do ambiente em realidade virtual ser determinante para o entendimento da geometria no espaço, 2 alunos (10.5%) não concordaram nem discordaram, 9 alunos (47.4%) concordaram com a afirmação e os restantes 8 alunos (42.1%) concordaram inteiramente.

*C. A possibilidade de interação no ambiente de Realidade Virtual, é determinante para o entendimento da geometria no espaço.*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	1	5.3
4. Concordo.	10	52.6
5. Concordo inteiramente.	7	36.8

Tabela 08

Em relação à possibilidade de interação no ambiente de realidade virtual ser determinante para o entendimento da geometria no espaço, apenas 1 aluno (5.3%) não concordou nem discordou, 10 alunos (52.6%) concordaram com afirmação, sendo que, 7 alunos (36.8%) concordaram inteiramente.

*D. A possibilidade de interação no ambiente de Realidade Virtual facilita o entendimento dos processos gerativos das superfícies.*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	1	5.3
4. Concordo.	7	36.8
5. Concordo inteiramente.	10	52.6

Tabela 09

No que diz respeito à possibilidade de interação no ambiente de realidade virtual, facilitar o entendimento da geração das superfícies, apenas 1 aluno (5.3%) não concordou nem discordou, 7 alunos (36.8%) concordaram e 10 alunos (52.6%) concordaram inteiramente com a afirmação.

*E. A imersão no ambiente de Realidade Virtual, potencia o entendimento de conceitos geométricos.*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	2	10.5
4. Concordo.	8	42.1
5. Concordo inteiramente.	8	42.1

Tabela 10

Quanto à imersão no ambiente de realidade virtual potencializar o melhor entendimento de conceitos geométricos, 1 aluno não respondeu, 2 alunos (10.5%) não concordaram nem discordaram, 8 alunos (42.1%) concordaram, 8 alunos (42.1%) concordaram inteiramente com a afirmação.

*F. Em Realidade Virtual, a visualização, sem interação, é suficiente para o entendimento de conceitos geométricos.*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	6	31.6
3. Não concordo nem discordo.	1	5.3
4. Concordo.	10	52.6
5. Concordo inteiramente.	1	5.3

Tabela 11

Relativamente ao facto de a visualização sem interação ser suficiente para o entendimento da geometria, 1 aluno não respondeu, 6 alunos (31.6%) discordaram, 1 aluno (5.3%) não concordou nem discordou, 10 alunos (52.6%) concordaram e 1 aluno (5.3%) concordou inteiramente.



*G. Como recurso, no processo de ensino/aprendizagem em Geometria Descritiva, a realidade virtual deve ser considerada um recurso:*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Dispensável.	1	5.3
2. Complementar dos recursos tradicionais, mas fora da aula.	1	5.3
3. Complementar dos recursos tradicionais, mas dentro da aula.	12	63.2
4. Principal em sala de aula, devendo os recursos tradicionais ser secundários.	5	26.3
5. Único excluindo os recursos tradicionais.	0	0.0

Tabela 12

Em relação à realidade virtual poder ser considerada um recurso no processo de ensino e/ou aprendizagem na Geometria Descritiva: 1 aluno (5.3%) afirmou que é um recurso dispensável; 1 aluno (5.3%) afirmou que pode ser complementar dos recursos tradicionais, mas fora da aula; 12 alunos (63.2%) afirmaram que pode ser complementar dos recursos tradicionais, mas dentro da aula; e os restantes 5 alunos (26.3%) que deverá ser o principal em sala de aula, devendo os recursos tradicionais ser secundários.

*H. Uma experiência de Realidade Virtual no processo de ensino/aprendizagem em Geometria Descritiva deve:*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Definir apenas visualizações do espaço sem solicitar ações nem interações.	0	0.0
2. Definir precisamente as ações e interações a realizar.	3	15.8
3. Definir genericamente as ações e interações a realizar.	6	31.6
4. Definir algumas ações e interações a realizar deixando outras para exploração livre.	8	42.1
5. Permitir uma exploração completamente livre por parte do utilizador.	2	10.5

Tabela 13

Este último ponto da Parte 2 tem como objetivo verificar algumas características de uma experiência de realidade virtual, de forma a ajudar no processo de ensino e/ou aprendizagem na Geometria Descritiva. Nesse sentido surgem as seguintes respostas: 3 alunos (15.8%) afirmaram que esse processo deve definir precisamente as ações e interações a realizar; 6 alunos (31.6%) referiram que o processo deve definir genericamente as ações e interações a realizar; 8 alunos (42.1%) afirmaram que o processo deve definir algumas ações e interações a realizar deixando outras para exploração livre; 2 alunos (10.5%) referiram que o processo deve permitir uma exploração completamente livre por parte do utilizador.

### 3.1.4 Análise e discussão dos resultados

Como já foi dito anteriormente, este estudo prático tinha como objetivo, verificar a hipótese de integrar a realidade virtual como ferramenta no processo de aprendizagem da Geometria Descritiva. Nesse sentido, através deste ponto será feita uma análise às respostas do questionário, salientando aspetos importantes durante a experiência, tal como alguns comentários efetuados na Parte 3, por parte dos alunos.

Foi importante realizar este estudo apenas com alunos que frequentavam as aulas de Geometria, uma vez que esta experiência ia de encontro com o programa lecionado. Ainda que o número de participantes, não abranja a totalidade de alunos existentes, prevê-se que sejam suficientes para atingir o pretendido deste estudo exploratório.

De uma forma geral, pode-se dizer que o feedback foi bastante positivo, tendo em conta os resultados obtidos e as reações registadas durante as experiências realizadas pelos alunos.

Verificou-se que a maior parte dos alunos, antes de realizar o teste tinham imensa curiosidade em experimentar e aprender as mecânicas da tecnologia, o que facilitou bastante a comunicação e a explicação daquilo que se pretendia.

Quando imergiam no ambiente virtual foi recorrente ouvir-se algumas expressões como: *“que estranho...”*; *“muito fixe...”*; *“uau...”*; ou *“que giro...”*. Estes indicadores mostravam claramente que os participantes apreciaram e sentiram o impacto ao “entrar” na realidade virtual, no fundo, era como se estivessem a entrar numa outra dimensão.

Uma vez questionados se porventura, já tinham tido algum tipo de contacto com a realidade virtual, a resposta de uma forma geral foi unânime, *“não...”*, reforçando a ideia de que a criação do jogo introdutório foi importante, para o entendimento do sistema em si. Esse fator foi confirmado, quando se verificou a evolução dos participantes do 1º jogo para o 2º, que necessitaram de menos instruções, para realizar as tarefas que eram exigidas no 2º jogo (jogo das superfícies).

Durante a experiência, notou-se que os participantes se sentiam de facto como parte daquele ambiente virtual, tendo em conta que se observou por diversas ocasiões, certas ações habituais do dia a dia de um ser humano: mostravam várias vezes a intenção de querer caminhar na realidade; desviavam-se dos objetos que encontravam no caminho; muitos chegavam a apontar para os elementos que iam observando; entre outras ações. Outro aspeto fundamental também verificado através do jogo das superfícies, foi o facto de os alunos mostrarem uma enorme vontade em realizá-lo. Numa primeira fase, visualizavam atentamente

o objeto animado e de seguida tinham a preocupação de tentar selecionar o nome da superfície correta, ainda para mais, quando estava presente o seu professor.

No geral, gostaram bastante do jogo e ouviu-se algumas expressões como: *“é um sistema bastante interessante...”*; *“prefiro estar aqui do que na aula...”*; ou *“assim fica mais fácil de perceber...”*.

No final da experiência, houve quem ficasse algo “descontente” com o fim, por querer dar continuidade ao mesmo, de forma a visualizar mais elementos da geometria, surgindo assim frases do tipo: *“Gostava de ter visto outros ambientes.”*. Houve também um aluno que referiu algo, que de certa forma acabou por marcar o impacto que esta tecnologia pode vir a ter futuramente na disciplina de Geometria Descritiva, *“é a melhor aula de Geometria que podíamos ter...”*.

Achou-se pertinente verificar o nível da imersão sentida pelo aluno no ambiente virtual, porque no fundo, acaba por ser um dos objetivos comum afeto a todas as áreas, que o utilizador se sinta imerso numa determinada experiência de realidade virtual. De acordo com a pergunta A, da Parte 1, podemos confirmar esse aspeto, tendo em conta que nenhum aluno deu como respostas: nada imerso, pouco imerso e imerso. Neste caso, houve mais ou menos uma divisão quanto aos parâmetros, bastante imerso (57.9%) e totalmente imerso (42.1%), como pode ser observado na tabela 01.

Outros parâmetros que contribuem de forma direta para o sucesso desta tecnologia foram também referenciados nos questionários, nomeadamente: o modo de navegação (tabela 02); o modo de interação (tabela 03); e o nível de conforto ou desconforto durante a experiência (tabela 04). Analisado as tabelas anteriormente referidas, pode-se dizer que as respostas vão de encontro com o pretendido, uma vez que nenhuma delas, apresenta qualquer resposta negativa.

Quanto às instruções que foram dadas ao longo da experiência, verifica-se também que em modo geral, foram compreendidas pelos alunos como se pode visualizar na tabela 05, surgindo comentários na Parte 3 do questionário do tipo:

- *“Na experiência que me foi imposta, gostei bastante e achei divertidíssimo. Além de ser um trabalho bem executado, foi explicado da mesma forma. Por fim gostei...”*
- *“Muito interessante a forma como a atividade e o intuito da mesma foram utilizadas, para melhor compreender a Geometria. A maneira como as figuras são representadas passo a passo, esclarece e elucida muito bem, o que melhora a aprendizagem da pessoa que está a passar pela experiência.”*

No que diz respeito ao melhor entendimento da geometria no espaço através da realidade virtual e analisando a tabela 06, percebe-se que a maioria concordou inteiramente (78.9%), prevendo-se ser um ponto crucial para o aluno que queira aprender a geometria com a realidade virtual. Nesse sentido, surgiram alguns comentários que vão de encontro com os resultados obtidos:

- *“Penso que a realidade virtual potencia o entendimento da Geometria, logo poderia ser utilizada noutros temas da Geometria de modo a facilitar a nossa aprendizagem e visualização dos objetos no espaço.”*
- *“Foi uma experiência interessante, entrarmos na geometria e ver como é o ambiente dentro dela.”*

Relativamente ao realismo (tabela 07) e à interação (tabela 08) serem determinantes para o entendimento da geometria no espaço, foi praticamente unânime entre todos, concordarem com estas afirmações. Neste caso, o ambiente que foi criado para esta experiência, não tinha tantas características alusivas à realidade, mas sim num contexto mais geométrico. Tanto que durante a experiência, houve comentários do tipo: *“preferia que o ambiente fosse mais realista...”*.

Um aspeto que se verificou uma maior divisão entre os participantes, teve a ver com o facto de a visualização sem interação ser suficiente ou não para o entendimento da geometria (tabela 11). 31.6% dos alunos discordaram e 52.6% dos alunos concordaram, prevendo-se que esta questão, segue uma lógica, de acordo com aquilo que cada um pretende para a sua experiência.

A pergunta G da Parte 2, no fundo é a mais importante de acordo com o tema desta dissertação, uma vez que tinha como objetivo, analisar se a realidade virtual podia ou não ser considerada um recurso no processo de ensino e/ou aprendizagem na Geometria Descritiva (tabela 12). A maioria dos alunos (63.2%) responderam que podia ser um recurso complementar dos recursos tradicionais, mas dentro da aula. A outra parte (26.3%) respondeu que podia ser um recurso que deverá ser o principal em sala de aula, devendo os recursos tradicionais ser secundários. Analisando esta tabela, pode-se afirmar de uma forma geral, que os alunos gostariam de ter esta ferramenta em aula, sem abdicar dos métodos tradicionais de ensino. Na Parte 3, encontra-se alguns comentários, que seguem a lógica dos resultados obtidos:

- *“Esta foi uma ótima experiência e uma boa alternativa ou complemento para o ensino da Geometria. Esta atividade auxilia bastante o aprendizado, no futuro, se fosse de facto utilizada em sala de aula.”*
- *“... com a realidade virtual conseguimos ou pelo menos eu, visualizar melhor. Portanto acho de extrema valia em que as futuras aulas proporcionem esses recursos.”*
- *“Esta experiência da realidade virtual foi bastante enriquecedora e útil para perceber melhor sobre a geometria descritiva.”*
- *“Gostei bastante da experiência, foi bastante interessante e concordo plenamente que a realidade virtual deveria ser um método de aprendizagem nas aulas, principalmente de geometria.”*

Como já foi referido, no geral a apreciação dos alunos face a esta tecnologia foi positiva, ainda assim pode haver aspetos a melhorar e nesse sentido, surgiram algumas sugestões:

- *“Introduzir novas figuras para além das já criadas, pois o jogo está bastante bom em termos de realidade e construção das formas.”*
- *“Acho que podia ser mais desenvolvido com mais níveis e perguntas como se fosse um jogo mesmo, mas é excelente.”*
- *“Acho que o sistema de movimento pode melhorar. É muito repentino a mudança de lugar. Se possível, devia ser mais suave.”*
- *“A experiência é bastante multifacetada, a única coisa que eu posso acrescentar seria a possibilidade de nós definirmos os parâmetros para construirmos ou ver o processo de construção de outras formas definidas por nós.”*

### 3.2 Estudo Prático Cultura da Arquitetura e da Cidade

Este subcapítulo, à semelhança do estudo anterior, pretende também explorar a tecnologia de realidade virtual, como forma de aprender a História da Arquitetura, de acordo com os pontos que se seguem.

#### 3.2.1 Contexto do estudo

*“Procuro descobrir as propriedades dos volumes e a sua analogia, com o organismo humano, para tirar partido do poder dos sentidos.”* (Étienne-Loius Boullée. Tradução livre do autor)

Étienne-Loius Boullée foi um arquiteto neoclássico francês do séc. 18, que teve a sua contribuição de certa forma, para a inovação da arquitetura neoclássica. Atualmente, o seu trabalho é estudado por muitos, sobretudo os edifícios utópicos que projetara naquela época. Através destes edifícios, Boullée explorou várias dimensões da arquitetura, nomeadamente a questão da escala, tendo em conta que, os mesmos apresentavam uma dimensão soberba, inimaginável. Como o próprio nome indica (utópico), estes edifícios nunca chegaram a ser construídos e como tal, é um dos temas explorados no 1º ano do curso de Arquitetura, através da disciplina de Cultura da Arquitetura e da Cidade.

O presente estudo prático, tem como objetivo aplicar a realidade virtual num dos projetos de Boullée, nomeadamente, o Cenotáfio de Newton (Fig.79).

O Cenotáfio é um monumento, que pode ser entendido como uma espécie de planetário, homenageando assim o cientista Sir Isaac Newton. Com este projeto, a intenção era explorar os efeitos da luz (claro / escuro), através da transição do dia para a noite, assim como, as sensações que este tipo de arquitetura, pudesse provocar no observador, dando origem a um novo conceito de estética, designado por Boullée, o *“Sublime”*.

Este termo de *“sublime”*, assim de uma forma genérica, corresponde a um conjunto de sensações, que nós enquanto observadores podemos sentir, estando muito para além do belo tradicional, que procura apenas o equilíbrio, ou as sensações de prazer com carácter mais reconfortante. No presente contexto, este conceito é um pouco mais complexo que isso, pois tem como objetivo a procura de sensações mais fortes, tal como por exemplo o terror e a

questão é saber de que forma é que a arquitetura consegue transmitir esses efeitos no observador.

A resposta que Boullée pretende dar a esse conceito, surge neste projeto de arquitetura, que de certa forma, vai de encontro com essas características pretendidas, através da incorporação de elementos não convencionais ou que fogem do tradicional.

A planta deste edifício é circular e como se pode observar, apresenta um conjunto de árvores à sua volta, que no fundo servem como único elemento de referência, para se ter uma noção da escala do edifício, que é bastante descomunal, tendo em conta que apenas existem ilustrações de desenhos técnicos sem escala. À semelhança da planta, os cortes também são circulares, sendo possível visualizar o interior do edifício, que aparenta ser uma calote esférica ou cúpula, ou seja, o planetário. Relativamente ao alçado, Boullée faz questão de replicá-lo, para que se consiga ter a perceção do edifício, de acordo com a hora do dia e através do mesmo, verificar, de que forma é que a luz vai-se alterando no decorrer do dia podendo provocar ou não, sensações diferentes no observador.

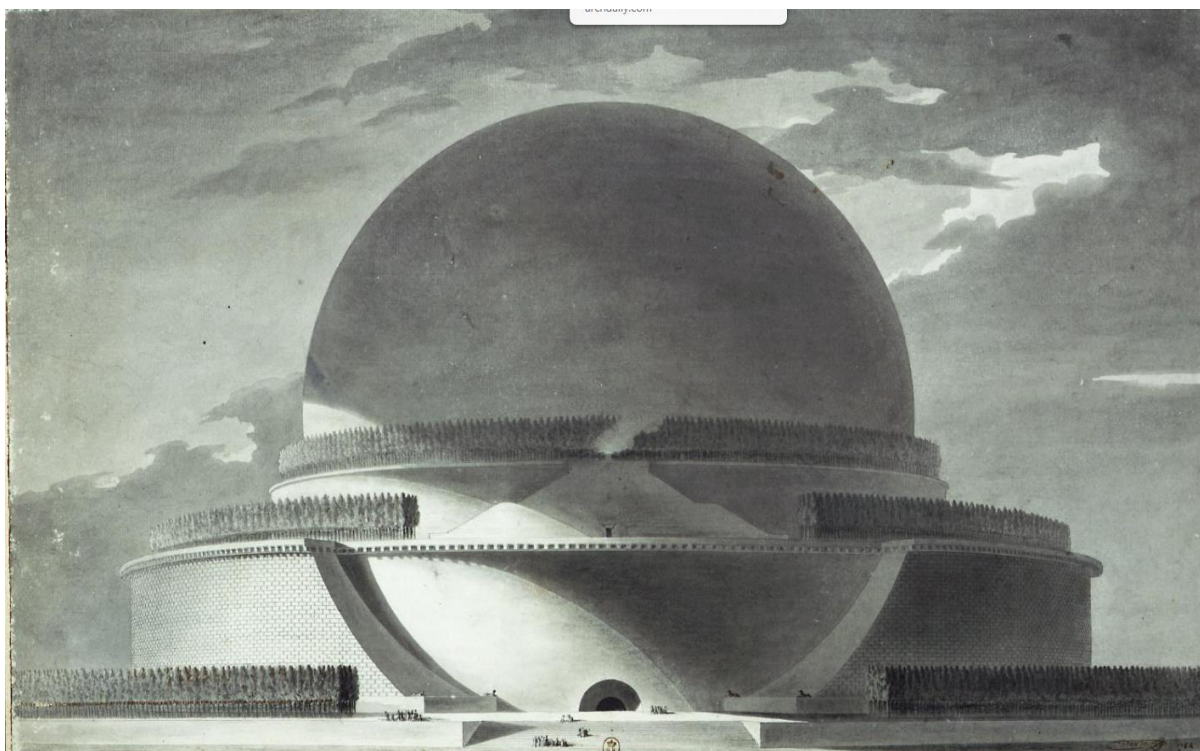


Fig.79: Cenotáfio de Newton. Ilustração de Boullée.



Como aspecto fundamental para o conceito de sublime, Boullée decidiu recriar dois ambientes distintos neste projeto: um que pudesse transmitir no observador a sensação de noite; e outro que pudesse transmitir a sensação de dia. Analisando essa componente, pode-se observar, que quando é dia no exterior, dentro do planetário tem bem vincada uma noite cerrada, com a presença da lua e as estrelas (Fig.80). Quando é de noite no exterior, decorre o inverso no interior do planetário, onde está clara a presença de uma luz intensa, simulando a ideia do Sol (Fig.81).

A ideia deste estudo foi reconstruir tridimensionalmente, o Cenotáfio de Newton desenhado por Boullée, aplicando a tecnologia de realidade virtual, para que o aluno pudesse visualizar o ambiente presente nas suas pinturas e ter essa experiência do conceito *Sublime*.

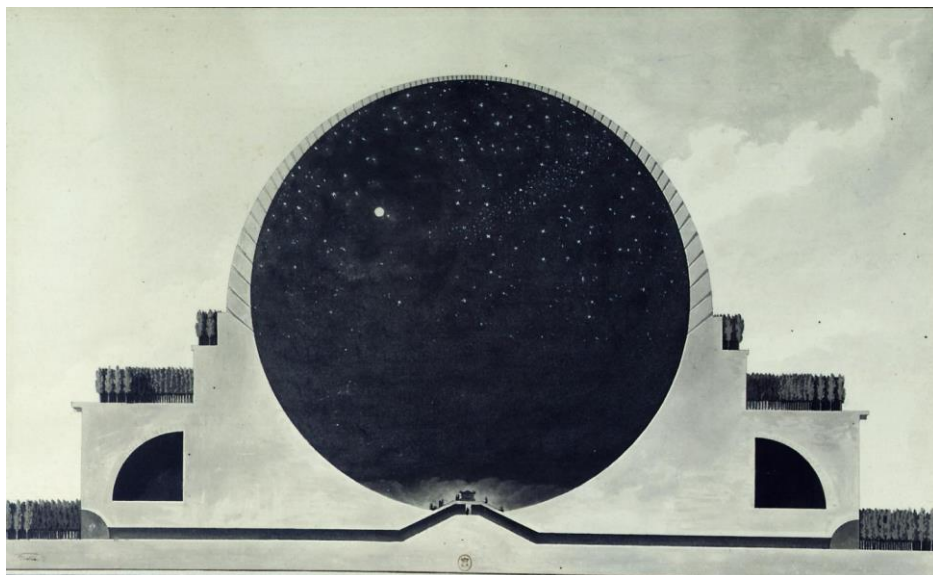


Fig.80: Cenotáfio de Newton. Ilustração de Boullée, experiência dia.



Fig.81: Cenotáfio de Newton. Ilustração de Boullée, experiência noite.

### 3.2.2 Metodologia utilizada

Neste subcapítulo mostrar-se-á as várias etapas que fizeram parte do desenvolvimento desta tecnologia, através dos seguintes pontos: amostra; equipamentos e programas utilizados; criação da experiência de realidade virtual; procedimento; conteúdo do questionário.

#### 3.2.2.1 Amostra e Local

O presente estudo, contou com a colaboração de seis alunos, onde três eram do sexo feminino e os outros três, do sexo masculino.

Esta experiência foi realizada nas instalações da Faculdade de Arquitetura – Universidade de Lisboa, mais precisamente na aula de Cultura da Arquitetura e da Cidade no dia 16 de dezembro de 2019, com a turma do 1º ano do Mestrado Integrado em Arquitetura, lecionado pelo professor Jorge Nunes.

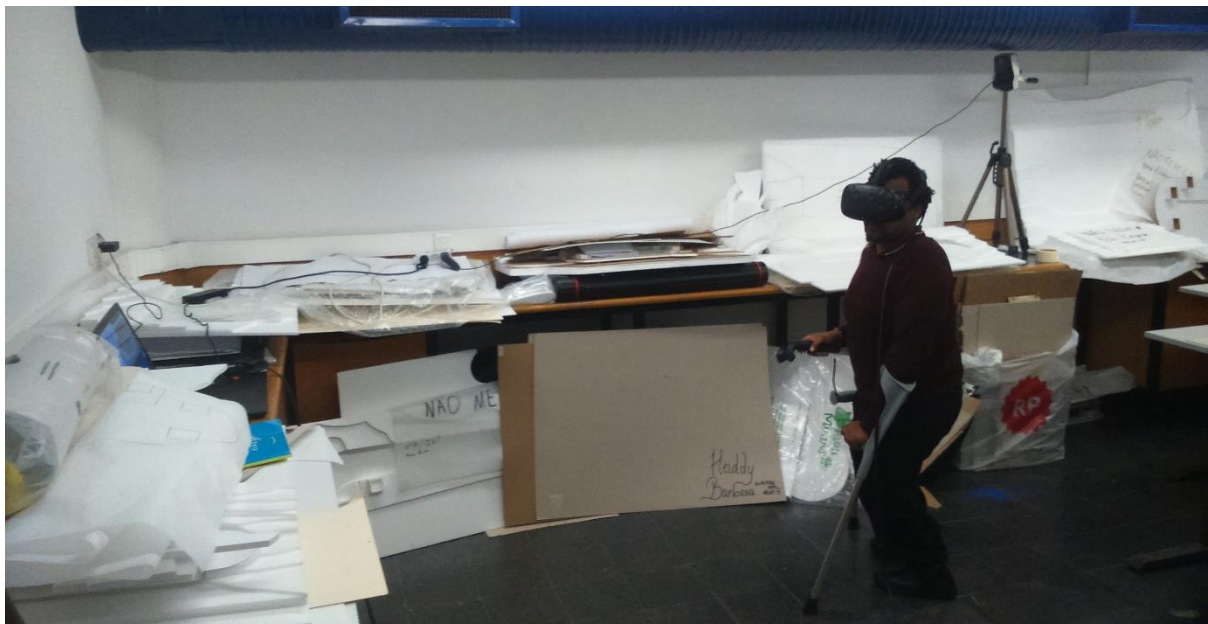


Fig.82: Espaço da experiência RV. Cultura da Arquitetura e da Cidade.

### 3.2.2.2 Equipamentos e programas utilizados

Este ponto, no fundo será praticamente idêntico ao que foi praticado na Geometria Descritiva, uma vez que os equipamentos (computador e óculos HTC Vive) e os software de modelação foram os mesmos. A única diferença está no software de visualização da experiência em realidade virtual, que neste caso, utilizou-se o Enscape (plugin afeto ao Sketchup) versão estudante, visto que, apresentava melhores definições em termos de qualidade de imagem.

### 3.2.2.3 Criação da experiência

De forma a facilitar a criação desta experiência, foram facultados pelo professor Jorge Nunes, alguns modelos 3D, que pertenciam a alunos seus do ano anterior, ainda assim, muitos deles estavam algo incompletos, de acordo com as pinturas de Boullée, tanto a nível da materialidade, como alguns pormenores mais técnicos. Nesse sentido, optou-se por refazer novamente o modelo, com auxílio também de algum material proveniente da internet. Assim, os passos que permitiram o desenvolvimento deste estudo, foram os seguintes:

- Desenho em planta no Autocad e exportação para o Sketchup;
- Modelação do edifício;
- Fazer 2 versões do mesmo modelo, de acordo com as experiências pretendidas;
- Aplicação de materialidade de acordo a época, uma vez que as pinturas de Boullée, não tinham propriamente cores definidas para cada elemento;
- Importação de modelos 3D, de forma a compor o ambiente (pessoas, árvores e luzes), através do plugin Enscape;
- “Exportação” do modelo para o Enscape;
- Regular os settings, de acordo com as 2 experiências (noite e dia), para o início da experiência.

O objetivo principal deste estudo é então, o de reconstruir o percurso pelo túnel e a chegada à calote esférica, de acordo com as ideias de Boullée. Nesse sentido, pretendia-se que o aluno durante o estudo de dia experienciasse: o momento em que entra no edifício; a passagem pelo túnel, já semi obscuro; o subir as escadas e avistar o patamar, que entendido

com um local de antecipação para o acontecimento de algo; e por último, a visualização do planetário, através dos furos na calote.

O processo da experiência à noite é semelhante, sendo que, os elementos visualizados é que são diferentes. Aqui, o túnel é iluminado através de alguns pontos de luz e a calote apresenta uma luz forte, que pretende simular a luz do dia, prevendo-se que fosse um elemento suspenso em chamas, dada a época.

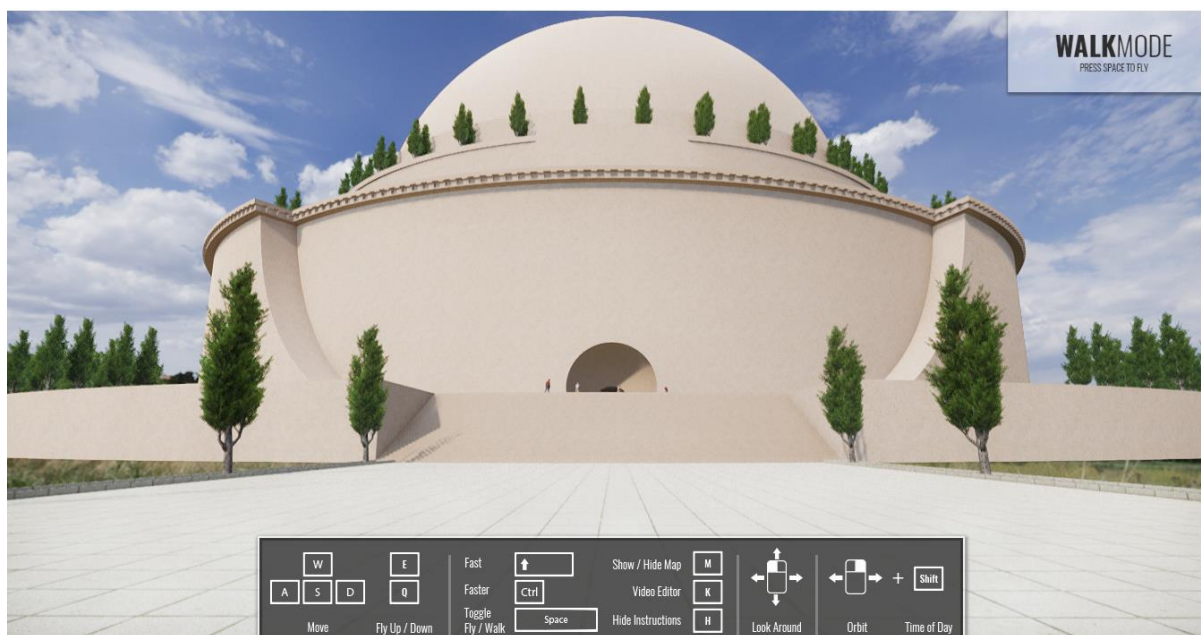


Fig.83: Cenotáfio de Newton, experiência dia RV no Enscape.

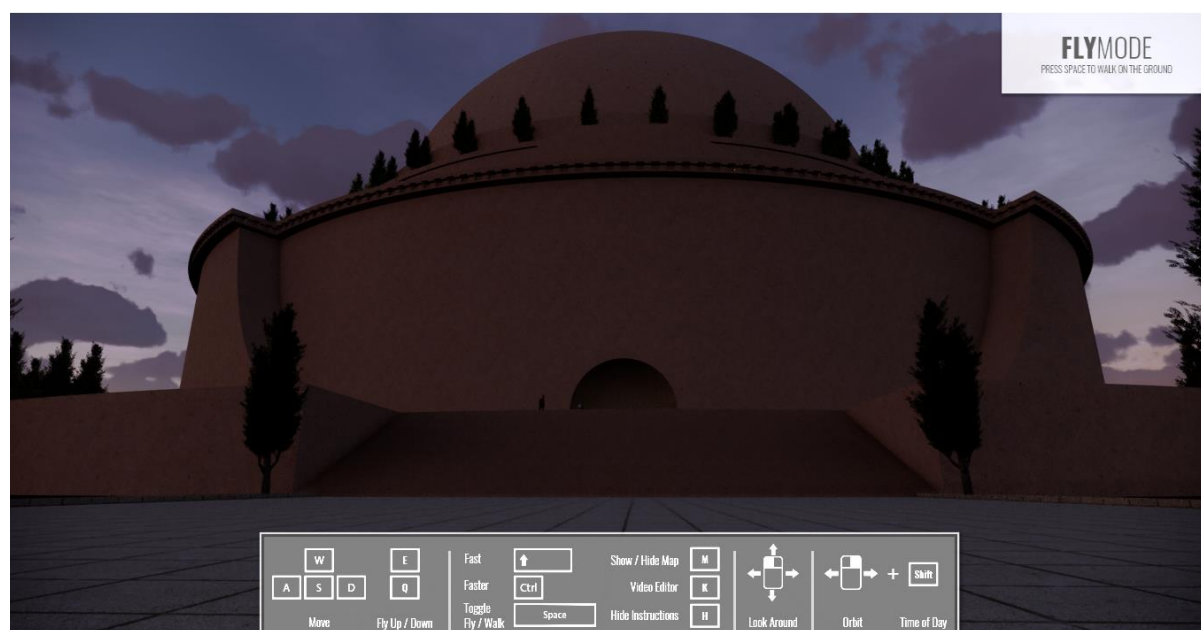


Fig.84: Cenotáfio de Newton, experiência noite RV no Enscape.

### 3.2.2.4 Procedimento

Inicialmente, a ideia seria realizar a experiência com mais alunos, mas houve um problema técnico e como tal, apenas foi possível participarem seis alunos.

O tema dos edifícios utópicos de Boullée está incluído no programa que está previsto para 1º ano, no 2º semestre e uma vez que este estudo foi realizado durante o 1º semestre, o professor Jorge Nunes foi “obrigado” a fazer uma apresentação prévia aos seus alunos dos conteúdos, de modo a contextualizá-los para a experiência de realidade virtual.

Um pouco à semelhança do que tinha sido feito no estudo prático da Geometria Descritiva, foram dadas algumas indicações aos alunos, relativamente à forma de manusear os dispositivos, antes de iniciarem a experiência. Neste caso, havia uma pequena alteração no modo de seleccionar os objetos (era feito com um segundo sensor), visto que, o software utilizado neste estudo foi diferente. Nesta experiência, não havia qualquer tipo de interação no ambiente, assim sendo, optou-se por não realizar um jogo introdutório, uma vez que a única ação efetuada pelos alunos era o modo de locomoção.

O guião efetuado de forma a instruir os alunos, tinha a seguinte configuração:

#### Experiência 1 (dia)

- Pedir para olhar em redor. Subir e baixar o ponto de vista (pedir ao aluno para se baixar).
- Pedir ao aluno para se deslocar fisicamente avançando e recuando.
- Questionar se o modo de locomoção está percebido.
- Pedir para se deslocar até à primeira zona de transição na entrada do túnel e olhar em redor.
- Pedir para se deslocar até ao fim do túnel, subir a escada e olhar em redor.
- Pedir para entrar no espaço esférico, contemplar o espaço.
- Pedir para voltar ao ponto inicial.
- Fim da experiência.

#### Experiência 2 (noite)

- Repetir os passos da experiência anterior.



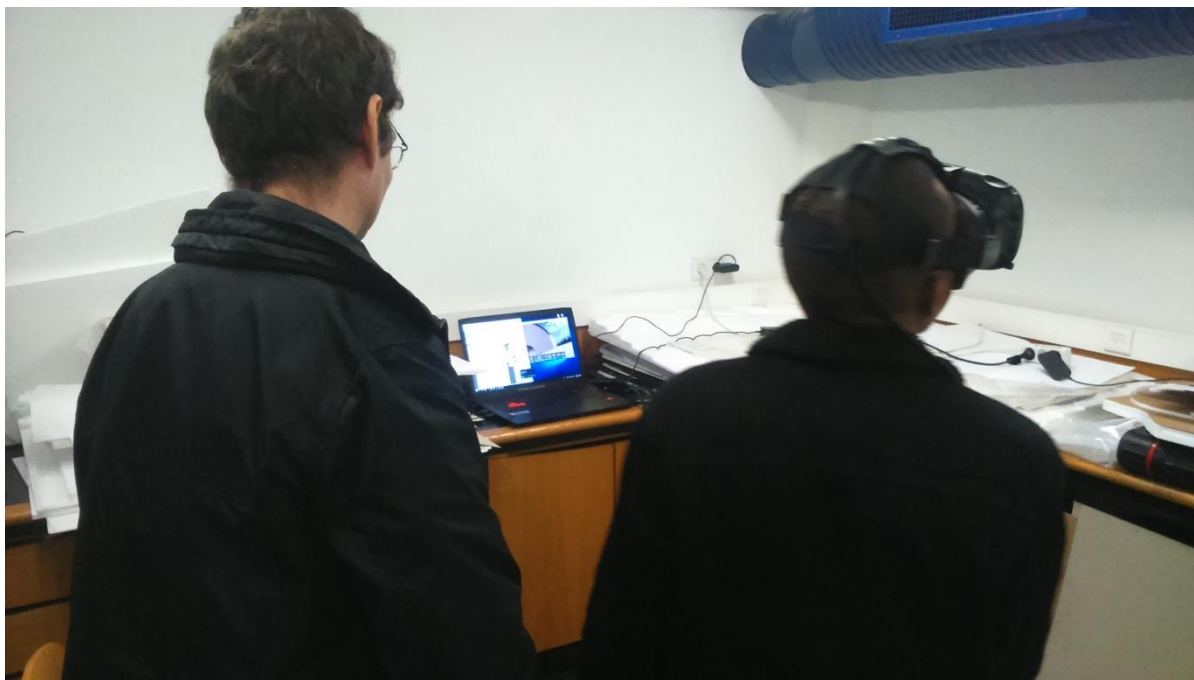


Fig.85: Estudo Prático, reações. Cultura da Arquitetura e da Cidade.



Fig.86: Estudo Prático, teste. Cultura da Arquitetura e da Cidade.

À semelhança do outro estudo realizado, optou-se também por tomar notas durante as experiências de cada aluno, para se obter outras conclusões, através das suas reações e/ou observações.

### 3.2.2.5 Conteúdo do questionário

Este questionário divide-se em três partes, constituído por duas folhas frente e verso.

A 1ª parte tinha como objetivo avaliar o nível de imersão e conforto, o modo como foram descritas as instruções e o modo de navegação, através de 4 perguntas (A-D).

Na 2ª parte pretendia-se avaliar até que ponto a Realidade Virtual, se pode constituir como uma ferramenta recorrente no ensino/aprendizagem na História da Arquitetura, através de 6 perguntas (A-F).

A 3ª parte é de resposta aberta, para que o aluno possa deixar alguns comentários ou sugestões.

### 3.2.3 Resultados dos questionários

No presente subcapítulo mostrar-se-ão os resultados obtidos através dos questionários realizados. Os dados foram trabalhados em Excel e importados para o presente documento.

Resultados das respostas da Parte 1:

*A. Como caracteriza o nível de imersão da experiência?*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Nada imerso.	0	0.0
2. Pouco imerso.	1	16.7
3. Imerso.	1	16.7
4. Bastante imerso.	2	33.3
5. Totalmente imerso.	2	33.3

Tabela 14

Quanto ao nível de imersão da experiência, 1 aluno (16.7%) considerou que foi pouco imersivo, 1 aluno (16.7%) achou imersivo, 2 alunos (33.3%) consideraram bastante imersivo e 2 alunos (33.3%) avaliaram como sendo totalmente imersivo.



*B. Como caracteriza o modo de navegação da experiência?*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Extremamente Difícil.	0	0.0
2. Difícil.	0	0.0
3. Nem difícil nem fácil.	1	16.7
4. Fácil.	4	66.7
5. Extremamente Fácil.	1	16.7

Tabela 15

Relativamente ao modo de navegação da experiência, 1 aluno (16.7%) respondeu que não foi nem difícil nem fácil, 4 alunos (66.7%) consideraram fácil e 1 aluno (16.7%) achou extremamente fácil.

*C. Como caracteriza o nível de conforto/desconforto na experiência?*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Completamente desconfortável.	0	0.0
2. Desconfortável.	0	0.0
3. Nem desconfortável nem confortável.	1	16.7
4. Confortável.	4	66.7
5. Completamente confortável.	1	16.7

Tabela 16

Em relação ao nível de conforto/desconforto durante a experiência, 1 aluno (16.7%) não achou nem desconfortável nem confortável, 4 alunos (66.7%) sentiram-se confortáveis e 1 aluno (16.7%) sentiu-se completamente confortável.

*D. Como caracteriza o modo como foram descritas as ações solicitadas na experiência?*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Completamente incompreensível.	0	0.0
2. Incompreensível.	0	0.0
3. Compreensível.	3	50.0
4. Bastante compreensível.	2	33.3
5. Completamente compreensível.	1	16.7

Tabela 17

No que diz respeito ao modo como foram descritas as instruções durante a experiência, 3 alunos (50%) consideraram que foi compreensível, 2 alunos (33.3%) acharam bastante compreensível e apenas 1 aluno (16.7%) considerou as ações descritas completamente compreensível.

Resultados das respostas da Parte 2:

A. *O realismo do ambiente em realidade virtual é determinante para o entendimento da experiência sensorial da iluminação (interior e exterior) de um edifício.*

Resposta	Alunos	%
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	0	0.0
4. Concordo.	5	83.3
5. Concordo inteiramente.	1	16.7

Tabela 18

Quanto ao facto de o realismo ser determinante para o entendimento da experiência sensorial da iluminação, apenas 1 aluno (16.7%) concordou inteiramente com a afirmação, sendo que os restantes 5 alunos (83.3%) apenas concordaram.

*B. A imersão no ambiente de realidade virtual, potencia o entendimento da escala de um edifício.*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	0	0.0
4. Concordo.	2	33.3
5. Concordo inteiramente.	4	66.7

Tabela 19

Quanto ao facto de a imersão potenciar o entendimento da escala de um edifício, 2 alunos (33.3%) concordaram e os restantes 4 alunos (66.7%) concordaram inteiramente.

*C. A realidade virtual facilita o entendimento do conceito estético de Sublime.*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	2	33.3
4. Concordo.	2	33.3
5. Concordo inteiramente.	2	33.3

Tabela 20

Relativamente à facilidade que a realidade pode proporcionar ao aluno, em entender o conceito estético de Sublime, 2 alunos (33.3%) não concordaram nem discordaram, 2 alunos (33.3%) concordaram, e outros 2 alunos (33.3%) concordaram inteiramente.

*D. A imersão no ambiente de Realidade Virtual permite ultrapassar as limitações da representação do espaço através de desenhos e maquetas.*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	1	16.7
4. Concordo.	2	33.3
5. Concordo inteiramente.	3	50.0

Tabela 21

Em relação ao facto de a imersão permitir ultrapassar as limitações da representação do espaço através de desenhos e maquetas, 3 alunos (50%) concordaram inteiramente, 2 alunos (33.3%) simplesmente concordaram e apenas 1 aluno (16.7%) aluno não concordou nem discordou.

*E. A imersão no ambiente de Realidade Virtual, potencia o entendimento de edifícios históricos não construídos.*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Discordo completamente.	0	0.0
2. Discordo.	0	0.0
3. Não concordo nem discordo.	0	0.0
4. Concordo.	4	66.7
5. Concordo inteiramente.	2	33.3

Tabela 22

No que diz respeito ao facto de a imersão potenciar o entendimento de edifícios históricos não construídos, 4 alunos (66.7%) concordaram e os restantes 2 alunos (33.3%) concordaram inteiramente.

F. *Como recurso, no processo de ensino/aprendizagem em Cultura da Arquitetura e da Cidade, a realidade virtual deve ser considerada um recurso:*

<b>Resposta</b>	<b>Alunos</b>	<b>%</b>
1. Dispensável.	0	0.0
2. Complementar dos recursos tradicionais, mas fora da aula.	2	33.3
3. Complementar dos recursos tradicionais, mas dentro da aula.	4	66.7
4. Principal em sala de aula, devendo os recursos tradicionais ser secundários.	0	0.0
5. Único excluindo os recursos tradicionais.	0	0.0

Tabela 23

O ultimo ponto, visa perceber se a realidade virtual deve ou não ser considerada como um recurso no processo ensino/aprendizagem na disciplina de Cultura da Arquitetura e da Cidade, sendo que, 4 alunos (66.7%) referiram que pode ser complementar dos recursos tradicionais, mas dentro da aula e 2 alunos (33.3%) afirmaram que pode ser complementar dos recursos tradicionais, mas fora da aula.



### 3.2.4 Análise e discussão dos resultados

Como tinha sido dito no ponto 3.2.2.4, a ideia deste estudo era de realizar 2 experiências de realidade virtual com os alunos, mas o mesmo não foi possível, tendo em conta que, antes de se iniciar o 1º teste, detetou-se algumas falhas, que de certa forma, acabaram por condicionar a realização das experiências, nomeadamente:

- A qualidade de imagem através dos óculos de realidade virtual, não era a mesma que se visualizava no ecrã do computador;
- Com os óculos de realidade virtual, a luz do ambiente era demasiado clara, não correspondendo ao que era suposto, uma vez que em ambientes mais escuros, pretendia-se que a luz fosse também mais escura.

No fundo, em *modo realidade virtual*, não era possível alterar as definições do programa, o que era estranho, uma vez que em *modo desktop* (fora da realidade virtual, visualização no ecrã do computador), a qualidade da imagem era melhor e era possível realizar essas alterações dos settings.

Não se conseguiu verificar o motivo, mas pensa-se que pudesse ter sido pelo facto de o programa ser versão estudante e apresentar algumas limitações, ou talvez alguma configuração, que não estivesse de acordo com aquilo que era pretendido. Nesse sentido ocupou-se metade do tempo a tentar solucionar os problemas verificados e uma vez que a aula apenas tinha uma hora e meia, acabou por condicionar o teste, fazendo com que menos alunos realizassem a experiência. Ainda que, as definições do programa não estivessem de acordo com as exigências do estudo, optou-se por fazer a *experiência do dia*, de uma forma adaptada. Só houve a possibilidade de 6 alunos realizarem a experiência pelos motivos anteriormente descritos, ainda assim, conseguiu-se extrair algumas conclusões sobre a utilização desta tecnologia.

Através das experiências realizadas pelos alunos, verificou-se que a maior parte, sentia-se imerso no ambiente virtual. Fator este, que foi confirmado, através das respostas dadas no questionário, tendo em conta que, nenhum aluno respondeu de forma negativa, quanto ao nível de imersão da experiência (tabela 14). Houve também algumas ações realizadas que reforçaram essa ideia, tais como: quando era pedido que subissem as escadas, o aluno tinha a tendência de fazer o movimento com os pés na realidade; houve um aluno que tinha vertigens e de certa forma sentiu-a no ambiente virtual; ou iam apontando para aquilo que estavam a visualizar; entre outros aspetos.

A percepção dos espaços de uma forma geral, também foi bem conseguida, uma vez que os alunos referiram por diversas vezes sobre este fator, através de expressões como por exemplo: “*consigo mesmo ter noção de profundidade no túnel*”; “*isto é gigante...*”; “*consigo ver o céu estrelado...*”.

Notou-se que a maior parte dos participantes, tiveram alguma facilidade em manusear o dispositivo de locomoção, tendo em conta a rapidez de adaptação e ainda, as respostas do questionário, que mostram, que 4 (66.7%) dos 6 alunos que participaram no teste, acharam o nível de navegação fácil.

Foi praticamente unânime entre os participantes (83.3%), que o realismo é muito importante para a percepção da luz no interior ou exterior de um edifício (tabela 18) e isso mostra que, os alunos sentem a necessidade de realizar este tipo de experiências com o maior realismo possível.

Pareceu pertinente analisar se a imersão no ambiente de realidade virtual, pode ou não potenciar o entendimento da escala do edifício, visto que é um fator muito importante para quem tem dificuldades em imaginar um edifício e ter a noção de escala do mesmo. Através da tabela 19, verificou-se que os participantes concordaram com a afirmação.

Neste estudo, o entendimento do conceito *Sublime* ficou algo comprometido, tendo em conta os fatores já descritos, confirmando o mesmo através da tabela 20, onde se verifica uma clara divisão de respostas. Surgem inclusive comentários na Parte 3 do questionário, mostrando esse propósito:

- “*Os gráficos e a textura se forem melhores, iriam ajudar a ter uma melhor experiência*”
- “*Independente das melhorias ainda necessárias para que o projeto seja perfeito, a experiência é bastante interessante e os efeitos continuam a ser bem conseguidos*”

Foi importante também saber a opinião dos alunos da importância da realidade virtual, face às lacunas dos métodos tradicionais de representação tridimensional (desenhos e maquetas) e através da tabela 21, pode-se concluir que a maioria concordou que a imersão no ambiente virtual permite ultrapassar algumas limitações tradicionais.

Uma vez que este estudo visava uma experiência, com o propósito de visualizar edifícios utópicos, achou-se pertinente introduzir um ponto desta natureza, de forma a verificar se através da realidade, o mesmo se torna mais claro ou não. Em análise à tabela 22, pode-se ver que nenhum aluno, discordou desta afirmação.

O último parâmetro do questionário, no fundo, serve de resposta ao tema da dissertação, visto que, tem como objetivo analisar se a realidade virtual pode ser um recurso a utilizar-se na disciplina de Cultura da Arquitetura e da Cidade. Como se pode observar a tabela 23, 4 alunos (66.7%) pensam que deve ser um recurso complementar dos recursos tradicionais, mas dentro da sala e 2 alunos (33.3%) pensam que deve ser um recurso complementar dos recursos tradicionais, mas fora da aula. Assim, pode-se concluir que os alunos vêm como algo positivo a introdução destes sistemas no ensino desta disciplina, sem abdicar dos recursos tradicionais.

Tendo em conta o número de participantes que realizaram o estudo e as adversidades encontradas na prática desta experiência, pode-se dizer que, de uma forma geral correu bem e o feedback dos alunos foi de encontro com aquilo que se pretendia, surgindo assim, alguns comentários na Parte 3 que o comprovam:

- *“Foi uma experiência bastante agradável...”*
- *“A experiência foi muito boa”*
- *“Incrível, foi uma bela viagem”*

Foram ainda deixadas algumas sugestões, no âmbito de possíveis melhorias em experiências de realidade virtual futuras:

- *“Dispõe de uma boa experiência e potencialidade, excluindo a resolução da fidelidade dos ecrãs, uso de hardware mais recentes”*
- *“...há pontos que devem ser melhorados, como a questão da renderização...”*
- *“Uma experiência sonora, ajudaria à imersão...”*



# CAPÍTULO 4

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o levantamento bibliográfico realizado, a realidade virtual apresenta-se como uma ferramenta bastante versátil no mercado atual, e como tal, o ensino é uma área que pode vir a destacar-se face a esse dado.

Na presente dissertação estudou-se a hipótese de introduzir a tecnologia de RV no ensino da Arquitetura, nomeadamente nas disciplinas de Geometria Descritiva e Cultura da Arquitetura e da Cidade.

Quanto à Geometria Descritiva, ficou claro que a realização de jogos interativos, podem ser um ponto de partida e uma solução viável, não só para um melhor entendimento dos conteúdos lecionados, assim como, para aumentar os níveis de motivação e interesse pelas aulas por parte dos alunos. A meu ver, garantir o maior realismo possível para a prática desta tecnologia, não é o mais importante, mas sim, o tipo de informação que se pretende transmitir, através por exemplo de animações ou interações com objetos. Ainda assim, é indispensável que a qualidade da imagem tenha a maior resolução possível, de forma a não comprometer a experiência em si.

Relativamente à disciplina de Cultura da Arquitetura e da Cidade, prevê-se que as viagens virtuais possam ser o caminho a seguir, dada a sua capacidade de reproduzir elementos com um grau de detalhe “ilimitado”. Uma vez que um dos objetivos aqui intrínseco é a visualização de edifícios ou cidades, podendo estes, ser de carácter antigo ou não, pode-se dizer que o realismo é imprescindível, para aquilo que se pretende transmitir ao aluno. No entanto, nem sempre será fácil garantir este parâmetro, uma vez que se requer software e hardware de topo, que por sua vez, pode não estar ao alcance de muitos, devido ao seu custo elevado.

Como se pôde observar através dos 2 estudos realizados, não se verificou qualquer tipo de inconveniente na utilização desta tecnologia no decorrer de uma aula. As instalações apresentam condições suficientes para a prática de experiências desta natureza, uma vez que os dispositivos de realidade virtual não necessitam assim de tanto espaço para a sua montagem.

Numa primeira fase, pensou-se que este estudo tivesse uma maior rapidez de execução por parte dos alunos e que fosse possível um maior número de participantes, mas o certo é que muitos nunca tiveram acesso, nem tão pouco têm a destreza em manusear dispositivos deste tipo. No caso do estudo prático da Geometria, foram precisas quatro horas e meia para que 19

alunos experienciassem o teste pretendido, muito devido ao tempo de adaptação às ferramentas, através do jogo introdutório à realidade virtual, que tinha sido criado com esse propósito.

De certa forma, o facto de a experiência afeto à disciplina de Cultura da Arquitetura e da Cidade, não ter corrido conforme o esperado, acabou por ser algo positivo a retirar-se deste estudo, uma vez que o objetivo do mesmo, visa a utilização da tecnologia no decorrer de uma aula, portanto será espectável que na eventualidade de se aplicar esta ferramenta como algo recorrente no ensino, outros erros/falhas possam vir a ocorrer no futuro. Neste caso, foi encarado como um desafio, ainda que, não se tivesse chegado a uma conclusão definitiva sobre a causa da mesma.

Um aspeto comum aos dois estudos efetuados, tem a ver com o facto de se ter realizado as experiências, apenas em uma aula, algo que a meu ver, poderia ter sido explorado de outra maneira. Nesse sentido pressupunha-se que este estudo decorresse de forma mais natural e em contexto de aula, durante o semestre, para que outros aspetos pudessem ser analisados e os dados estatísticos serem mais concisos. Ainda assim, chegou-se a algumas conclusões através da prática dos estudos visados, que permite enumerar vantagens e desvantagens da sua utilização.

Quanto às desvantagens, no cômputo geral, pode-se dizer que são as seguintes:

- Requer algum tempo para a criação de determinados modelos mais complexos ou com um maior detalhe;
- Requer algum tempo para a montagem e desmontagem dos equipamentos;
- Limitações dos software em alguns parâmetros;
- Custo elevado de hardware de topo;
- Apenas é possível, em geral um utilizador de cada vez.

Relativamente às vantagens da tecnologia de realidade virtual no ensino, em síntese, são as seguintes:

- Pode aumentar o interesse dos alunos em determinados conteúdos lecionados;
- Possibilita a visualização de certos elementos, que são difíceis de serem alcançados através de uma aula tradicional;
- O facto de o aluno estar imerso, à partida, prevê-se que a sua concentração aumente consideravelmente;
- Pode tornar uma aula muito mais dinâmica e interativa;
- Destacando-se como sendo a fundamental, o facto de ser possível a sua integração durante uma aula, tendo em conta o tema desta dissertação.

Penso que é importante também, olhar para esta tecnologia, como uma ferramenta auxiliar para a execução de um projeto de arquitetura, pois tenho a forte convicção que a mesma, pode contribuir para o desenvolvimento da criatividade de um aluno ou um arquiteto. Ao experienciarmos alguns edifícios históricos, podemos ter um pouco a sensibilidade de aplicar certos elementos que marcaram a história. Se formos por exemplo expostos a determinados modelos da geometria no mundo virtual e à escala real, podemos olhar para o objeto com um maior pormenor e perceber que através do mesmo, é possível criar outras coisas no âmbito arquitetónico. Houve inclusive um aluno que, depois de ter realizado a experiência referente à Geometria Descritiva, referiu o seguinte: *“O projeto está bastante bem feito. Facilita a abordagem à geometria e poderia também ser usada no âmbito da arquitetura.”*

Como conclusão:

Não se pode dizer que esta ferramenta seja completamente infalível no ensino, mas prevê-se que tenha uma enorme projeção para o futuro quanto à sua utilização, de forma a criar um maior dinamismo em aula e aumentando o ritmo de aprendizagem de cada aluno. Ainda assim, creio que os métodos de ensino tradicionais não devem ser substituídos, mas sim complementados.

A meu ver, esta tecnologia será encarada como uma espécie de “professor auxiliar”, onde os alunos poderão esclarecer as suas dúvidas no decorrer de uma aula.



Este documento é composto por 33537 palavras e foi escrito de acordo com o novo acordo ortográfico.



# **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## LIVROS

ARNHEIM, Rudolf, *Art and Visual Perception*. University of California Press: Berkeley, Los Angeles, London. 1974.

BOWMAN, Doug A.; KRUIJFF, Ernst; LAVIOLA, Joseph J.; POUPYREV, Ivan, *3D User Interfaces- Theory and Practice*, 2005.

BROPHY, Jere, *Motivating Students to Learn*. 2ª edi. 2004.

EVANS, Robin, *The Projective Cast. Architecture and Its Three Geometries*, Cambridge, Massachusetts, 1995.

FILIPPO, Denise; RAPOSO, Alberto; ENDLER, Markus e FUKS, Hugo. Ambientes Colaborativos de Realidade Virtual e Aumentada in KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson – *Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações*. Livro do Pré-Simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis, Rio de Janeiro, 2007.

HAI-JEW, Shalin, *Virtual Immersive and 3D Learning Spaces: Emerging Technologies and Trends*. Hershey, New York, 2011.

HUSBANDS, Chris; KITSON, Alison; PENDRY, Anna, *Understanding history teaching*, 2003.

JERALD, Jason, *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool Publishers, 2016.

KIM, Jae-Jin, *Virtual Reality*. Intech, 2011.

LATTA, J. N.; OBERG, D. J., *A Conceptual Virtual Reality, IEEE Computer Graphics & Applications*, Vol. 14 1ª ed. 1994.

LIGHT, Douglas, *The Senses*. Chelsea House, 2005.

MA, Dengzhe; GAUSEMEIER, Jürgen; FAN, Xiumin; GRAFE, Michael, *Virtual Reality & Augmented Reality in Industry*. Springer, 2011.

MIRABITE, Manny, *New Emergent and Interactive Media*, 2019.

PHILPOTT, Joanne, *Captivating Your Class- Effective Teaching Skills*. Continuum International Publishing Group, 2009.

PIMENTEL, Ken; TEIXEIRA, Kevin., *Virtual reality - through the new looking glass*. 2ª ed, New York, 1995.

SHERMAN, William R.; CRAIG, Alan B., *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 2003.

SHUMAKER, Randall, *Virtual and Mixed Reality –New Trends*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011.

WHYTE, Jennifer, *Virtual Reality and the Built Environment*. Architectural Press, 2002.

## TESES/ RELATÓRIOS

ALVES, David, *Prática de Ensino Supervisionada- Geometria Descritiva A (10º ano) - Oficina de Artes (12º ano) - PROGRAMAS DE GEOMETRIA DINÂMICA - Novas Metodologias de ensino/aprendizagem*. Relatório Final de Estágio, Universidade da Beira Interior- Artes e Letras, 2012.

CRUZ, Ana Catarina, *Aplicação das Tecnologias e Conceitos da Arquitectura de Videojogos ao Projeto de Arquitectura*. Tese de Mestrado, Faculdade de Arquitectura- Universidade de Lisboa, 2014.

CRUZ, Fábio, *Reabilitação de um edifício universitário: A evolução do modelo de ensino como pretexto para a intervenção na FA*. Tese de Mestrado, Faculdade de Arquitectura- Universidade de Lisboa, 2015.

CUNHA, Mariana, *Ambientes Virtuais e Imersivos: Emprego da Realidade Virtual na conceção e na comunicação do projeto de Arquitectura*. Tese de Mestrado, Faculdade de Arquitectura- Universidade de Lisboa, 2017.

JANES, José, *A utilização didática do documento no ensino-aprendizagem da História*. Relatório Final, Universidade de Lisboa, 2017.

LIMA, Pedro, *Estratégias de modelação 3D de contextos arquitetónicos a partir de Varrimento Laser 3D*. Tese de Mestrado, Faculdade de Arquitetura- Universidade de Lisboa, 2011.

MOREIRA, Maria Gorete, *As Fontes Históricas propostas no Manual e a Construção do Conhecimento Histórico - Um estudo em contexto de sala de aula*, Braga, Universidade do Minho, 2004.

NAMNIYEK, Andriy, *Integração da Realidade Virtual na conceção Urbana e Arquitetónica: Uma proposta para um Centro Cultural no Novo Martim Moniz*. Tese de Mestrado, Faculdade de Arquitetura- Universidade de Lisboa, 2017.

SILVA, Maria Madalena, *A aprendizagem significativa no ensino da História: o peddy paper como recurso didático*. Relatório Final, Faculdade de Letras- Universidade do Porto, 2011.

VIÑAO, Antonio, *Escolarización, edificios y espacios escolares in Participación Educativa – Historia de Un Olvido: Patrimonio en los Centros Escolares*, Revista Digital do Consejo Escolar del Estado, n. 7, 2008.

## WEBGRAFIA

BABICH, Nick, *How VR In Education Will Change How We Learn And Teach*, XD Ideas Adobe, setembro 2019. (consult. outubro 2019) Disponível na internet: <https://xd.adobe.com/ideas/principles/emerging-technology/virtual-reality-will-change-learn-teach/>.

BASHABSH, Ahmad K.; ALZOUBI, Hussain H., ALI, Mostafa Z., *The application of virtual reality technology in architectural pedagogy for building constructions*, Alexandria Engineering Journal, julho 2019. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016819300511>.

BASU, Aryabrata, *A brief chronology of Virtual Reality*, novembro 2019. (consult. dezembro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/337438550\\_A\\_brief\\_chronology\\_of\\_Virtual\\_Reality](https://www.researchgate.net/publication/337438550_A_brief_chronology_of_Virtual_Reality).

BREDL, Klaus, *Immersive Education in Virtual Space*, Edizioni Centro Studi Erickson S.p.a., novembro 2018. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/329056418\\_Immersive\\_Education\\_in\\_Virtual\\_Space](https://www.researchgate.net/publication/329056418_Immersive_Education_in_Virtual_Space).

CHAN, Chiu-Shui; CRUZ-NEIRA, Carolina, *An Electronic Library for Teaching Architectural History*, 2015. (consult. agosto 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/30868590\\_An\\_Electronic\\_Library\\_for\\_Teaching](https://www.researchgate.net/publication/30868590_An_Electronic_Library_for_Teaching).

CHEN, Meixu; JIN, Yize; GOODALL, Todd; YU, Xiangxu; BOVIK, Alan C., *Study of 3D Virtual Reality Picture Quality*, Fellow, IEEE, outubro 2019. (consult. dezembro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/336361618\\_Study\\_of\\_3D\\_Virtual\\_Reality\\_Picture\\_Quality](https://www.researchgate.net/publication/336361618_Study_of_3D_Virtual_Reality_Picture_Quality).

CHERRY, Kendra, *How to Become a More Effective Learner*, VerywellMind, outubro 2019. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: <https://www.verywellmind.com/how-to-become-a-more-effective-learner-2795162>.

CHOUDHARY, Ar. Shweta; PIPRALIA, Dr.Satish, *The SCIENCE of teaching Architectural History*, outubro 2017. (consult. agosto 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/320719876\\_The\\_SCIENCE\\_of\\_teaching\\_Architectural\\_History](https://www.researchgate.net/publication/320719876_The_SCIENCE_of_teaching_Architectural_History).

FABRIS, Christian Pierce; RATHNER, Joseph; FONG, Angelina; SEVIGNY, Charles P., *Virtual Reality in Higher Education*, Article in International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education, outubro 2019. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/336845154\\_Virtual\\_Reality\\_in\\_Higher\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/336845154_Virtual_Reality_in_Higher_Education).

FELDER, Richard M.; BRENT, Rebecca, *How to Improve Teaching Quality*, Article in Quality Management Journal, janeiro 1999. (consult. setembro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/238244459\\_How\\_to\\_Improve\\_Teaching\\_Quality](https://www.researchgate.net/publication/238244459_How_to_Improve_Teaching_Quality).

GIUREA, Diana; DUMITRESCU, Cristian Gheorghe; MALAESCU, Alexandru, *Educational means for the study of the geometry of architectural forms*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 2013. (consult. junho 2019) Disponível na internet: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187704281400161X>.

GUENARD, Rebecca, *Perception is Reality- And Virtual Reality*, OMNIA, julho 2017. (consult. agosto 2019) Disponível na internet: <https://omnia.sas.upenn.edu/story/perception-reality%E2%80%94and-virtual-reality>.

HARMAN, Rosie, *Virtual Reality Trends 2019*, Towards data science, julho 2019. (consult. dezembro 2019) Disponível na internet: <https://towardsdatascience.com/virtual-reality-trends-2019-64003e2667ef>.

HOLTH, James; SCHNABEL, Marc Aurel, *Immersive Virtual Environments as a Tool to Explore Perceptual Space*, setembro 2016. (consult. junho 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/308609612\\_Immersive\\_Virtual\\_Environments\\_as\\_a\\_Tool\\_to\\_Explore\\_Perceptual\\_Space](https://www.researchgate.net/publication/308609612_Immersive_Virtual_Environments_as_a_Tool_to_Explore_Perceptual_Space).

KAMIŃSKA, Dorota; SAPIŃSKI, Tomasz; WIAK, Sławomir.; TIKK, Toomas; HAAMER, Rain Eric; AVOTS, Egils; HELMI, Ahmed; OZCINAR, Cagri; ANBARJAFARI, Gholamreza, *Virtual Reality and Its Applications in Education: Survey*, outubro 2019. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: <https://www.mdpi.com/2078-2489/10/10/318/htm>.

KENNEDY, Mary, *How We Learn About Teacher Learning*, março 2019. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/333297843\\_How\\_We\\_Learn\\_About\\_Teacher\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/333297843_How_We_Learn_About_Teacher_Learning).

KIM, Meeri, *Why you feel motion sickness during virtual reality*, abc News, agosto 2019. (consult. dezembro 2019) Disponível na internet: <https://abcnews.go.com/Technology/feel-motion-sickness-virtual-reality/story?id=65153805>.

LAVALLE, Steven, *Virtual Reality*, Cambridge University Press, Livro online, 2019. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: <http://vr.cs.uiuc.edu/>

LEGE, Ryan; BONNER, Euan, *The State of Virtual Reality in Education*, março 2018. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/328781017\\_The\\_State\\_of\\_Virtual\\_Reality\\_in\\_Education](https://www.researchgate.net/publication/328781017_The_State_of_Virtual_Reality_in_Education).

LEOPOLD, Cornelia, *Geometry Concepts in Architectural Design*, agosto 2006. (consult. junho 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/237544451\\_GEOMETRY\\_CONCEPTS\\_IN\\_ARCHITECTURAL\\_DESIGN](https://www.researchgate.net/publication/237544451_GEOMETRY_CONCEPTS_IN_ARCHITECTURAL_DESIGN).



LEOPOLD, Cornélie, *Principles of a Geometry Program for Architecture / Experiences, Examples, and Evaluations*, Journal for Geometry and Graphics, 2003. (consult. junho 2019) Disponível na internet:

[https://www.researchgate.net/publication/228799656\\_Principles\\_of\\_a\\_Geometry\\_Program\\_for\\_Architecture--Experiences\\_Examples\\_and\\_Evaluations](https://www.researchgate.net/publication/228799656_Principles_of_a_Geometry_Program_for_Architecture--Experiences_Examples_and_Evaluations).

LI, Wei, *A Research on Undergraduate Architecture Teaching Approach Based on Integration of Architectural Design and Architectural History Teaching*, Scientific Research Publishing, setembro 2018. (consult. agosto 2019) Disponível na internet: [https://file.scirp.org/pdf/CE\\_2018092015405815.pdf](https://file.scirp.org/pdf/CE_2018092015405815.pdf).

MAZURYK, Tomasz; GERVAUTZ, Michael, *Virtual Reality - History, Applications, Technology and Future*, dezembro 1999. (consult. agosto 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/2617390\\_Virtual\\_Reality\\_-\\_History\\_Applications\\_Technology\\_and\\_Future](https://www.researchgate.net/publication/2617390_Virtual_Reality_-_History_Applications_Technology_and_Future).

MIKHALCHUK, Dimitri, *VR Gaming: How Industry Will Propel the Technology*, Teslasuit, outubro 2017. (consult. dezembro 2019) Disponível na internet: <https://teslasuit.io/blog/vr-gaming-how-industry-push-technology/>.

NETTO, Antonio; MACHADO, Liliane; OLIVEIRA, Maria Cristina, *Realidade Virtual - Definições, Dispositivos e Aplicações*, março 2002. (consult. setembro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/252019436\\_Realidade\\_Virtual\\_-\\_Definicoes\\_Dispositivos\\_e\\_Aplicacoes](https://www.researchgate.net/publication/252019436_Realidade_Virtual_-_Definicoes_Dispositivos_e_Aplicacoes).

NOORIAFSHAR, Mehryar; WILLIAMS, Ron; MARASENI, Tek Narayan, *The use of virtual reality in education*, setembro 2004. (consult. outubro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/228724825\\_The\\_use\\_of\\_virtual\\_reality\\_in\\_education](https://www.researchgate.net/publication/228724825_The_use_of_virtual_reality_in_education).

OLIVEIRA, Francisnaine, *Configurando novos espaços de aprendizagem: das salas de aula às comunidades virtuais de aprendizagem*, Universidade Estadual de Maringá, (consult. novembro 2019) Disponível na internet: [http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer\\_histedbr/jornada/jornada7/\\_GT4%20PDF/CONFIGURANDO%20NOVOS%20ESPACOS%20DE%20APRENDIZAGEM%20DAS%20SALAS%20DE.pdf](http://www.histedbr.fe.unicamp.br/acer_histedbr/jornada/jornada7/_GT4%20PDF/CONFIGURANDO%20NOVOS%20ESPACOS%20DE%20APRENDIZAGEM%20DAS%20SALAS%20DE.pdf).

ONYESOLU, Moses Okechukwu; EZE, Felista Udoka, *Understanding Virtual Reality Technology: Advances and Applications*, março 2011. (consult. setembro 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/221911335\\_Understanding\\_Virtual\\_Reality\\_Technology\\_Advances\\_and\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/221911335_Understanding_Virtual_Reality_Technology_Advances_and_Applications).

PAVLOVIC, Dwight, *What is Virtual Reality (VR) and How Does It Work?* HP® Tech Takes, julho 2018 (consult. agosto 2019) Disponível na internet: <https://store.hp.com/us/en/tech-takes/what-is-virtual-reality-how-does-it-work>.

ROGERS, Sol, *The Revolutionary Impact Of Immersive Technology On Education*, Magazine Forbes, outubro 2019. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/10/11/the-revolutionary-impact-of-immersive-technology-on-education/#7b21a10679c1>.

ROGERS, Sol, *Virtual Reality: THE Learning Aid Of The 21st Century*, Magazine Forbes, março 2019. (consult. dezembro 2019) Disponível na internet: <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/03/15/virtual-reality-the-learning-aid-of-the-21st-century/#7683d045139b>.

RUBIO-TAMAYO, Jose Luis; BARRIO, Manuel Gertrudix; GARCÍA, Francisco García, *Immersive Environments and Virtual Reality: Systematic Review and Advances in Communication, Interaction and Simulation*, Multimodal Technologies and Interaction, setembro 2017. (consult. julho 2019) Disponível na internet: <https://www.mdpi.com/2414-4088/1/4/21>.

SCHNABEL, Marc Aurel, *Architectural design in virtual environments: exploring cognition and communication in immersive virtual environments*, dezembro 2004. (consult. agosto 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/35441288\\_Architectural\\_design\\_in\\_virtual\\_environments\\_exploring\\_cognition\\_and\\_communication\\_in\\_immersive\\_virtualenvironments](https://www.researchgate.net/publication/35441288_Architectural_design_in_virtual_environments_exploring_cognition_and_communication_in_immersive_virtualenvironments).

SERIN, Hamdi, *Perspectives on the Teaching of Geometry: Teaching and Learning Methods*, fevereiro 2018. (consult. junho 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/323373285\\_Perspectives\\_on\\_the\\_Teaching\\_of\\_Geometry\\_Teaching\\_and\\_Learning\\_Methods](https://www.researchgate.net/publication/323373285_Perspectives_on_the_Teaching_of_Geometry_Teaching_and_Learning_Methods).

SLATER, Mel; LOTTO, R. Beau; ARNOLD, Maria Marta; SANCHEZ-VIVES, Maria V., *How we experience immersive virtual environments: The concept of presence and its measurement*, setembro 2009. (consult. julho 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/228751198\\_How\\_we\\_experience\\_immersive\\_virtual\\_environments\\_The\\_concept\\_of\\_presence\\_and\\_its\\_measurement](https://www.researchgate.net/publication/228751198_How_we_experience_immersive_virtual_environments_The_concept_of_presence_and_its_measurement).

SMITH, Jordan W., *Immersive Virtual Environment Technology to Supplement Environmental Perception, Preference and Behavior Research: A Review with Applications*, International Journal of Environmental Research and Public Health, setembro 2015. (consult. julho 2019) Disponível na internet: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4586687/>.

SOO, Daniel, *A new age of VR involving all five senses*, International Society for Presence Research, agosto 2016. (consult. novembro 2019) Disponível na internet: <https://ispr.info/2016/08/02/a-new-age-of-vr-involving-all-five-senses/>.

STATT, Nick, *Google will help preserve endangered historical sites in virtual reality*, The Verge, abril 2018. (consult. janeiro 2020) Disponível na internet: <https://www.theverge.com/2018/4/16/17241710/google-cyark-partnership-vr-virtual-reality-preserve-historical-sites>.

STRAATEN, Peter van der, *Interaction affecting the sense of presence in Virtual Reality*, Delft University of technology, dezembro 2000. (consult. outubro 2019) Disponível na internet: <https://pdfs.semanticscholar.org/1df8/7d4c206cfd6f04c552c4f8ff9780c9e28e36.pdf>.

STRICKLAND, Jonathan; ROOS, Dave, *How Second Life Works*, HowStuffWorks. (consult. março 2019) Disponível na internet: <https://computer.howstuffworks.com/internet/social-networking/networks/second-life.htm>.

WAKEFIELD, Jane, *Technology in schools: Future changes in classrooms*, BBC News, fevereiro 2015. (consult. setembro 2019) Disponível na internet: <https://www.bbc.com/news/technology-30814302>.

WILLIAMS, Kim; OSTWALD, Michael J., *Manifestations of Geometry in Architecture*, Article in Nexus Network Journal, fevereiro 2017. (consult. junho 2019) Disponível na internet: [https://www.researchgate.net/publication/314249335\\_Manifestations\\_of\\_Geometry\\_in\\_Architecture](https://www.researchgate.net/publication/314249335_Manifestations_of_Geometry_in_Architecture).

**URL's**

<https://www.socialtalent.com/blog/technology/evolution-technology-todays-working-world>  
(consult. julho 2019)

<https://www.teachingtimes.com/articles/revolution-education-system.htm>  
(consult. abril 2019)

<https://mobileworldcapital.com/2015/09/14/the-evolution-of-educational-systems-through-history/>  
(consult. setembro 2019)

<https://edtechreview.in/news/3455-12-tips-to-make-your-students-learn-better>  
(consult. maio 2019)

<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>  
(consult. março 2019)

<https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>  
(consult. abril 2019)

<https://medium.com/studiotmd/virtual-reality-uses-in-architecture-and-design-c5d54b7c1e89>  
(consult. setembro 2019)

[http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge\\_base/virtual-worlds/EVE/II.C.Architecture.html](http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge_base/virtual-worlds/EVE/II.C.Architecture.html)  
(consult. outubro 2019)

<http://blog.scientix.eu/2018/11/neotrie-vr-new-geometry-in-virtual-reality/>  
(consult. dezembro 2019)

<https://www.dezeen.com/2015/07/21/movie-virtual-reality-oculus-rift-allow-architects-change-world-like-god-olivier-demangel/>  
(consult. janeiro 2019)

<https://www.archdaily.com/tag/felix-candela>  
(consult. janeiro 2020)

**ANEXOS**

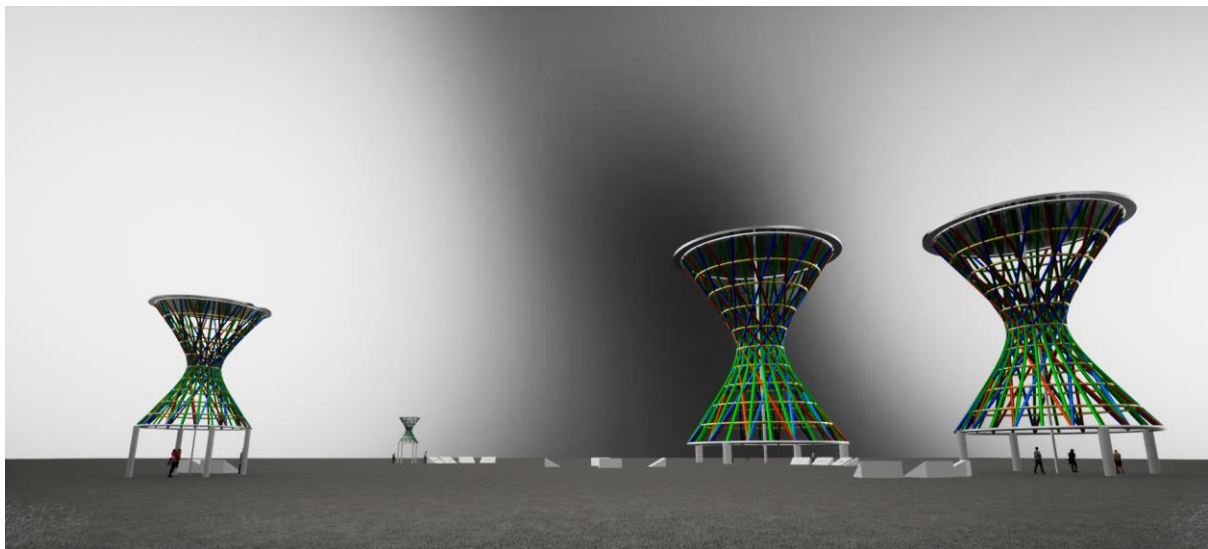


Fig.87 Jogo Introdutório, Geometria Descritiva



Fig.88 Jogo Introdutório, Geometria Descritiva

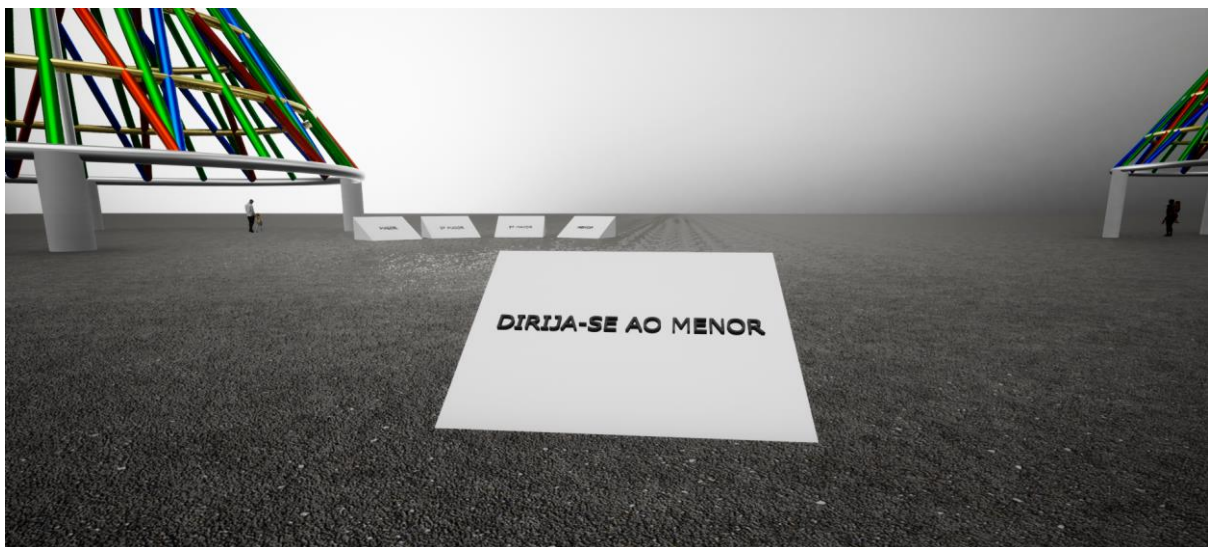


Fig.89 Jogo Introdutório, Geometria Descritiva

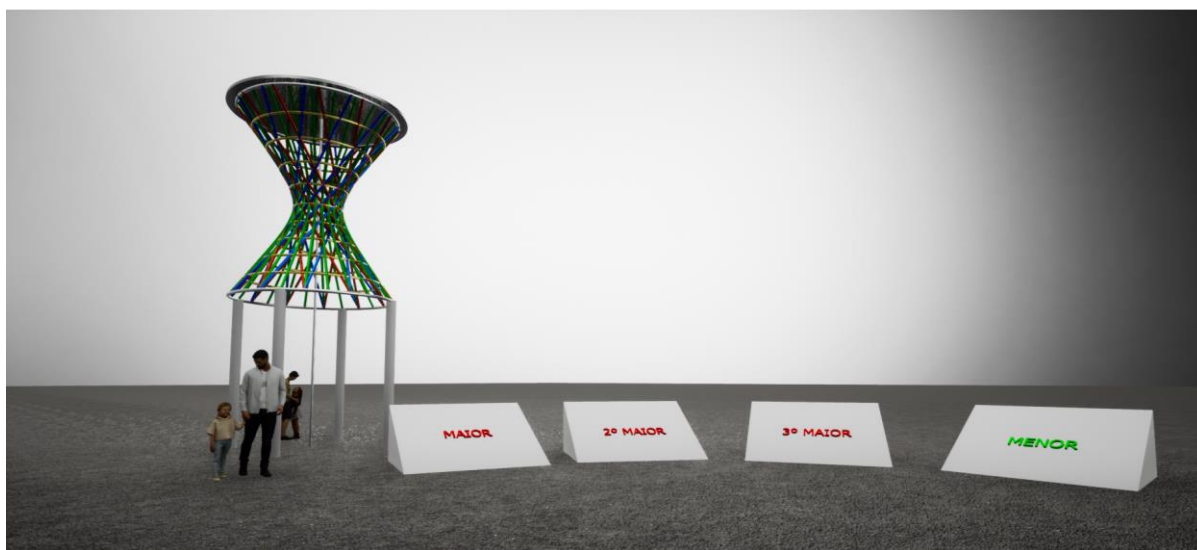


Fig.90 Jogo Introdutório, Geometria Descritiva

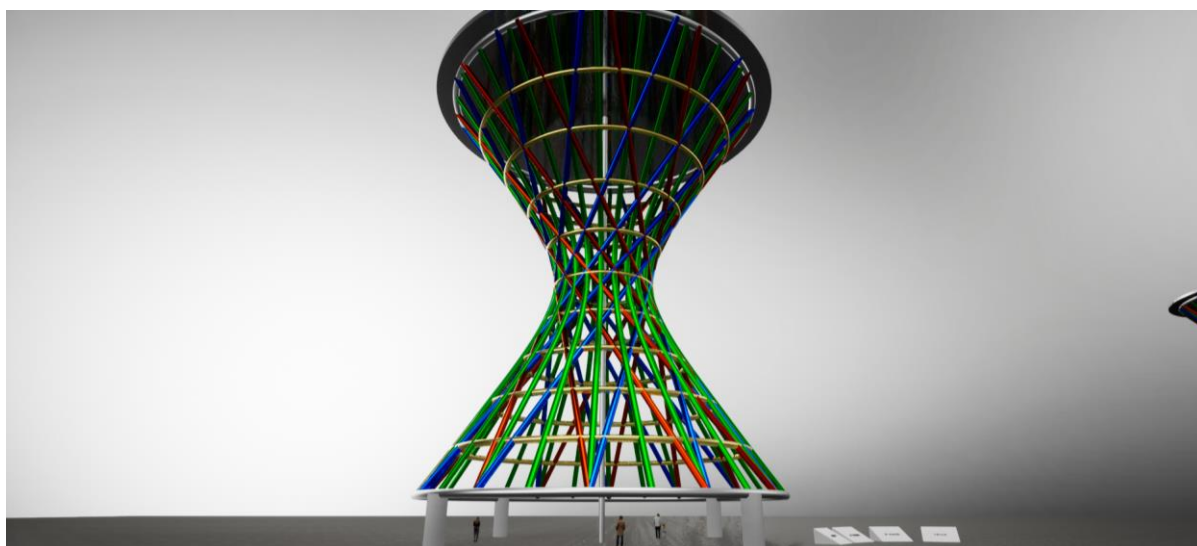


Fig.91 Jogo Introdutório, Geometria Descritiva

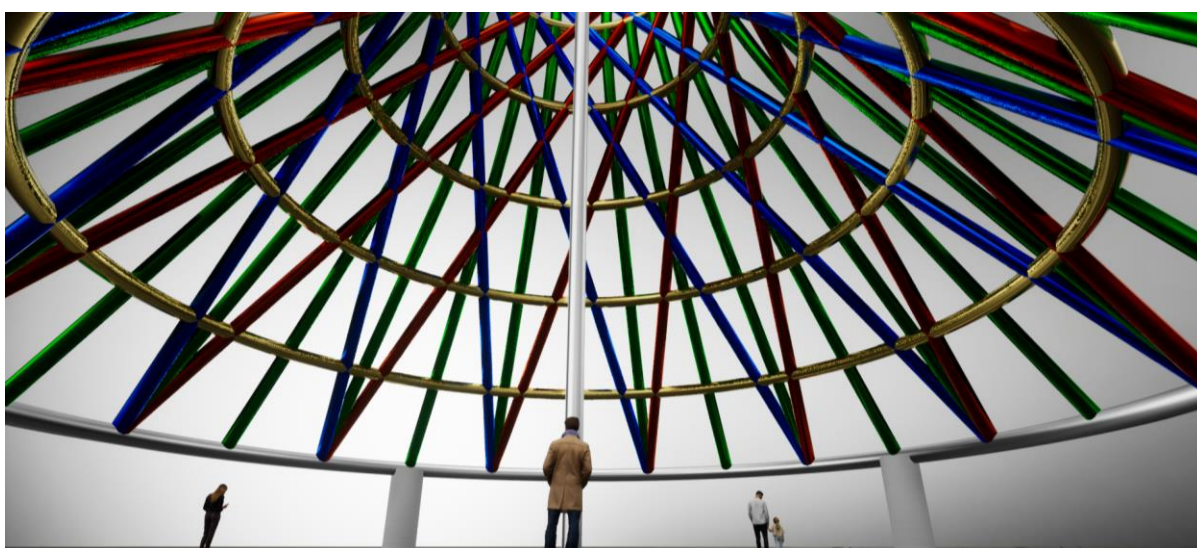


Fig.92 Jogo Introdutório, Geometria Descritiva



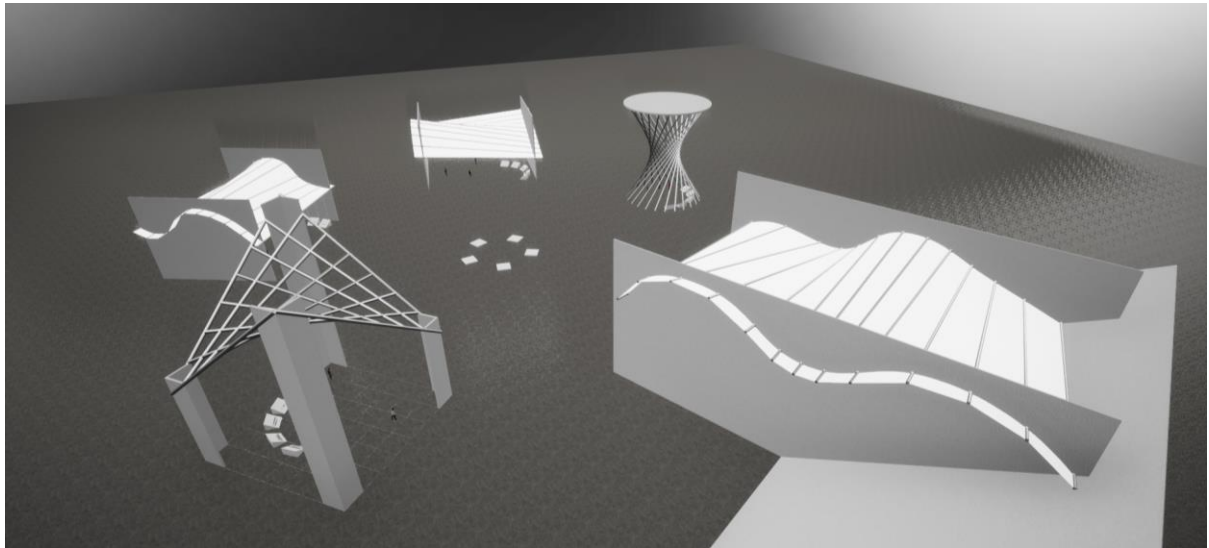


Fig.93 Jogo das Superfícies, Geometria Descritiva



Fig.94 Jogo das Superfícies, Geometria Descritiva

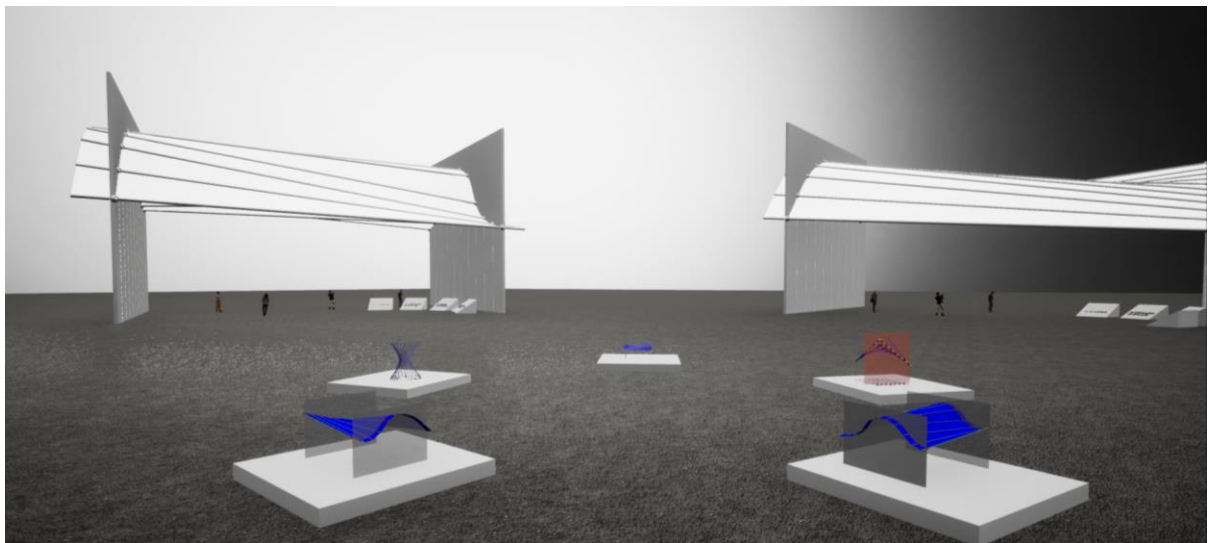


Fig.95 Jogo das Superfícies, Geometria Descritiva



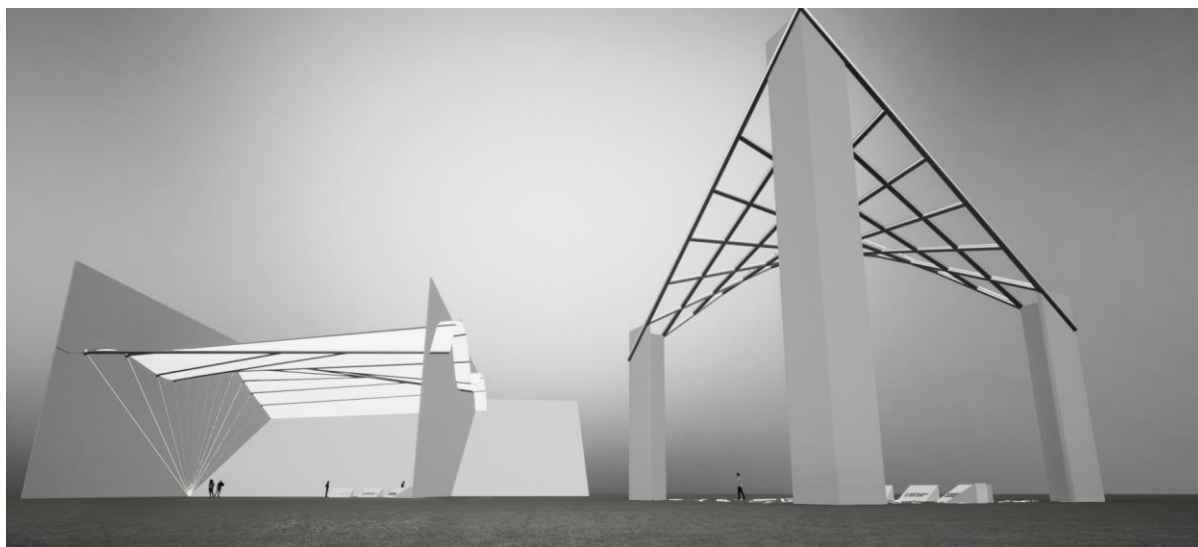


Fig.96 Jogo das Superfícies, Geometria Descritiva

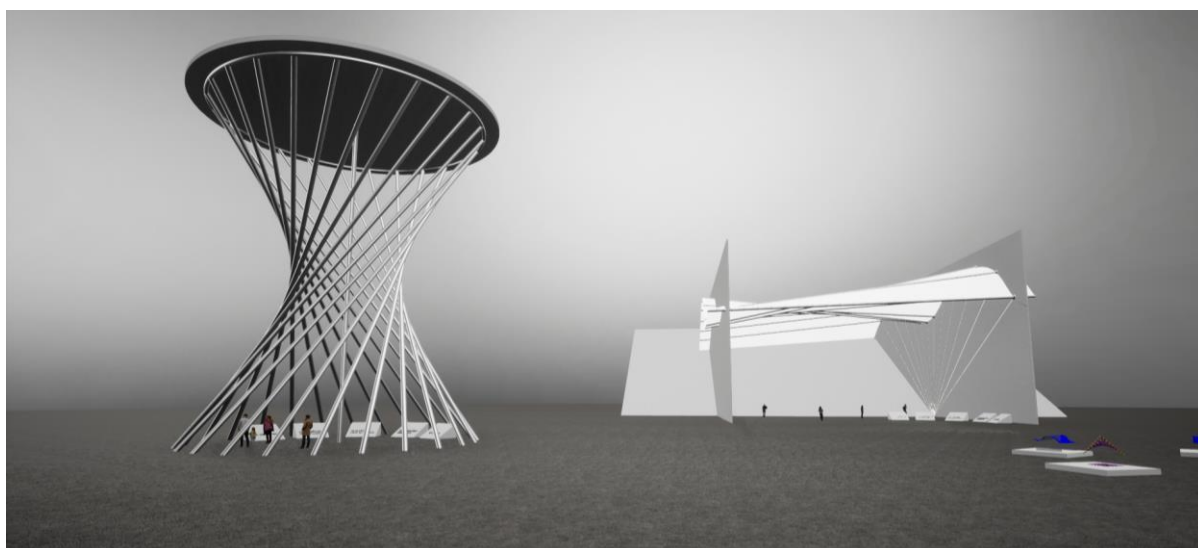


Fig.97 Jogo das Superfícies, Geometria Descritiva

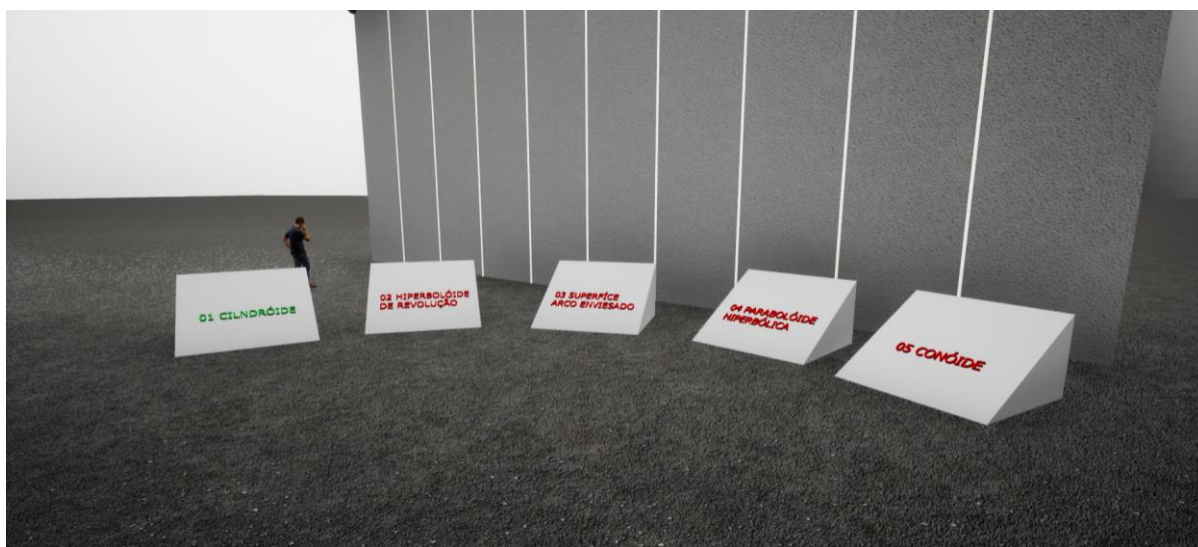


Fig.98 Jogo das Superfícies, Geometria Descritiva



Fig.99 Experiência dia, Cultura da Arquitetura e da Cidade



Fig.100 Experiência dia, Cultura da Arquitetura e da Cidade

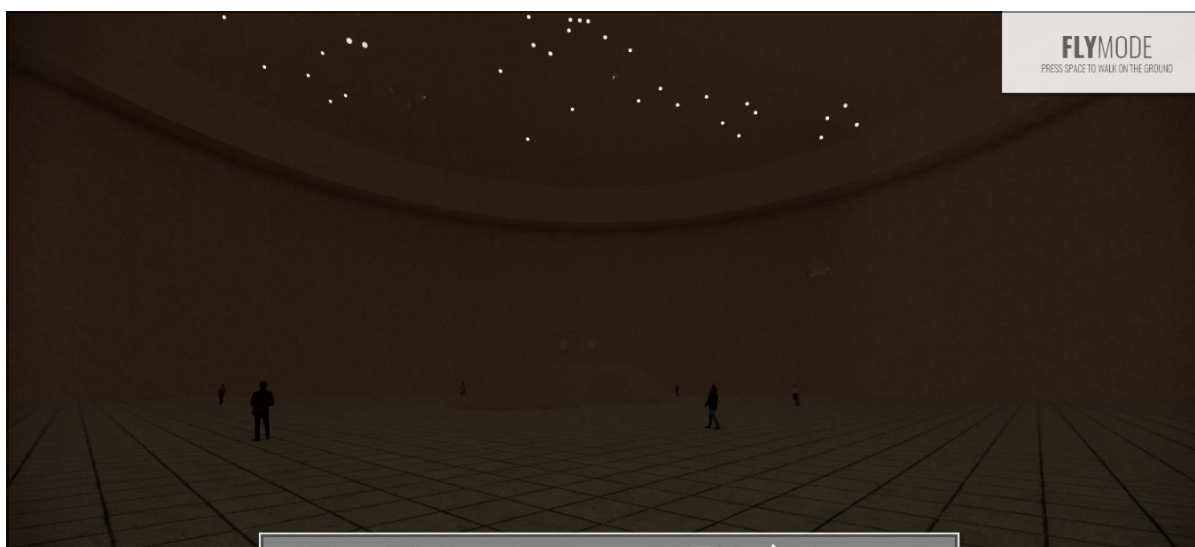


Fig.101 Experiência dia, Cultura da Arquitetura e da Cidade

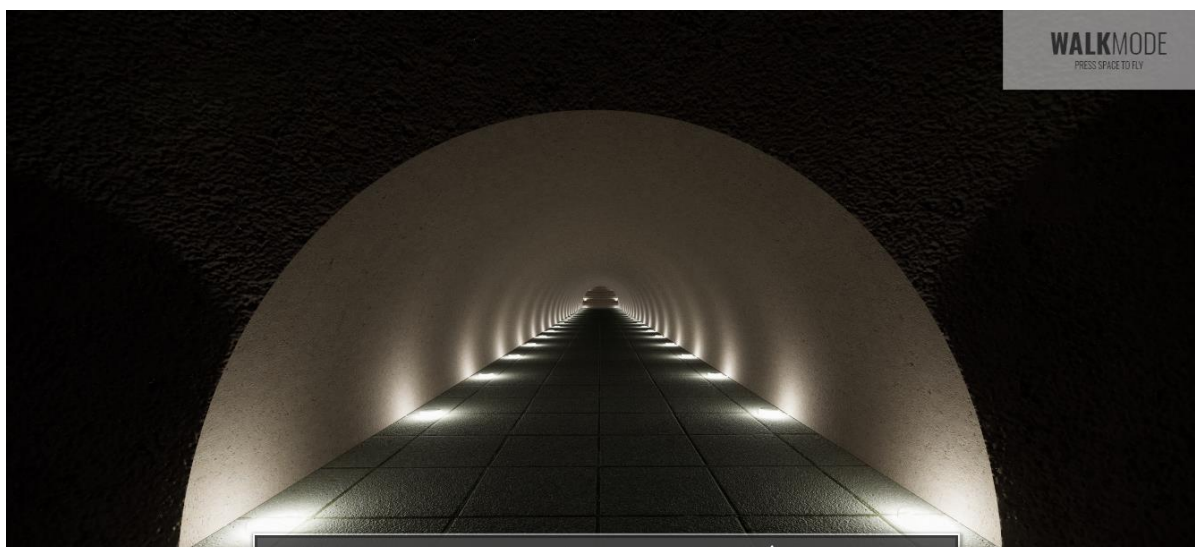


Fig.102 Experiência noite, Cultura da Arquitetura e da Cidade

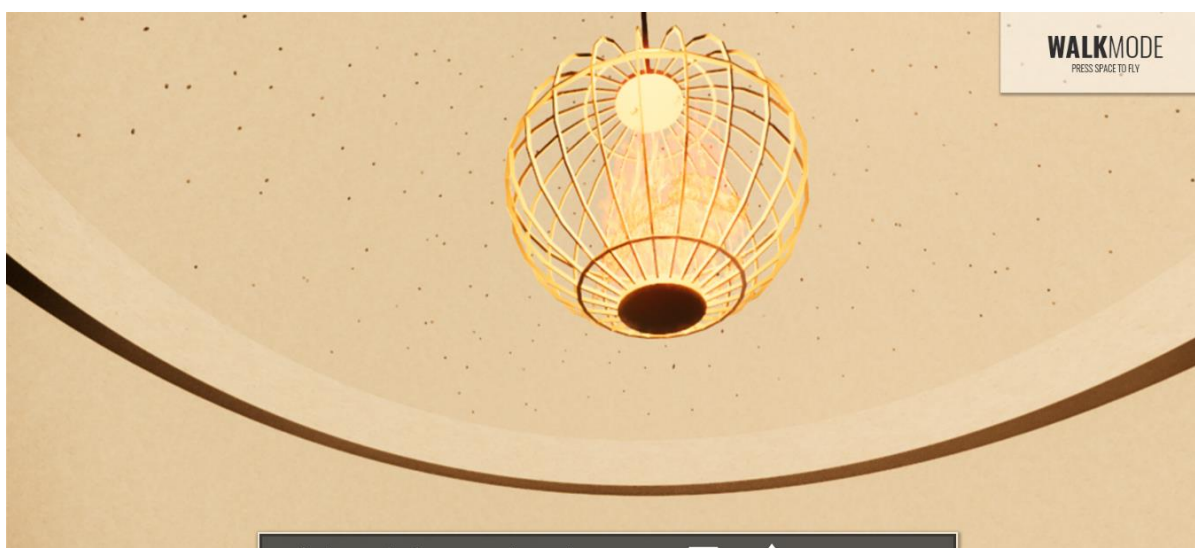


Fig.103 Experiência noite, Cultura da Arquitetura e da Cidade

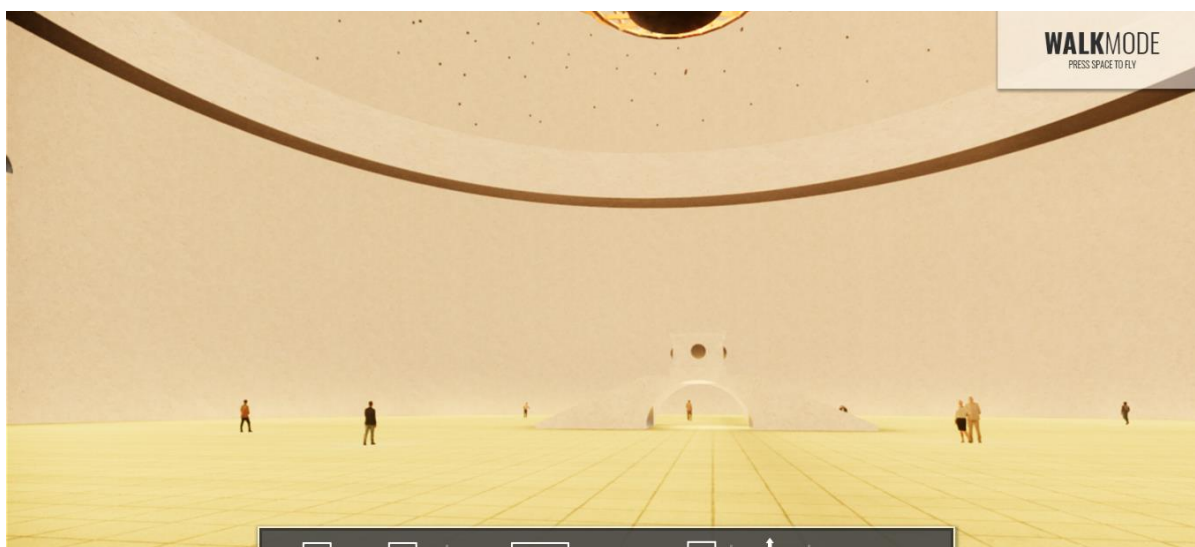


Fig.104 Experiência noite, Cultura da Arquitetura e da Cidade

## QUESTIONÁRIO – GEOMETRIA DESCRITIVA

O presente questionário tem por objetivo avaliar uma experiência de utilização de Realidade Virtual no ensino da Geometria Descritiva, no âmbito de uma dissertação de mestrado em Arquitetura do aluno Josemar Pina.

Os dados recolhidos não se destinam a divulgação pública.

Agradece-se a sua participação.

### PARTE 1

A. Como caracteriza o nível de imersão da experiência?

- ☐ 1. Nada imerso.
- ☐ 2. Pouco imerso.
- ☐ 3. Imerso.
- ☐ 4. Bastante imerso.
- ☐ 5. Totalmente imerso.

B. Como caracteriza o modo de navegação da experiência?

- ☐ 1. Extremamente Difícil.
- ☐ 2. Difícil.
- ☐ 3. Nem difícil nem fácil.
- ☐ 4. Fácil.
- ☐ 5. Extremamente Fácil.

C. Como caracteriza o modo de interação da experiência?

- ☐ 1. Extremamente Difícil.
- ☐ 2. Difícil.
- ☐ 3. Nem difícil nem fácil.
- ☐ 4. Fácil.
- ☐ 5. Extremamente Fácil.

D. Como caracteriza o nível de conforto/desconforto na experiência?

- ☐ 1. Completamente desconfortável.
- ☐ 2. Desconfortável.
- ☐ 3. Nem desconfortável nem confortável.
- ☐ 4. Confortável.
- ☐ 5. Completamente confortável.

E. Como caracteriza o modo como foram descritas as ações solicitadas na experiência?

- ☐ 1. Completamente incompreensível.
- ☐ 2. Incompreensível.
- ☐ 3. Compreensível.
- ☐ 4. Bastante compreensível.
- ☐ 5. Completamente compreensível.

## PARTE 2

Comente as afirmações, reportando-se à experiência realizada.

A. A realidade virtual facilita o entendimento da geometria no espaço incluindo os processos gerativos das formas.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

B. O realismo do ambiente em realidade virtual, é determinante para o entendimento da geometria no espaço incluindo os processos gerativos das formas.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.



C. A possibilidade de interação no ambiente de Realidade Virtual, é determinante para o entendimento da geometria no espaço.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

D. A possibilidade de interação no ambiente de Realidade Virtual facilita o entendimento dos processos gerativos das superfícies.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

E. A imersão no ambiente de Realidade Virtual, potencia o entendimento de conceitos geométricos.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

F. Em Realidade Virtual, a visualização, sem interação, é suficiente para o entendimento de conceitos geométricos.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

G. Como recurso, no processo de ensino/aprendizagem em Geometria Descritiva, a realidade virtual deve ser considerada um recurso:

- ☐ 1. Dispensável.
- ☐ 2. Complementar dos recursos tradicionais, mas fora da aula.
- ☐ 3. Complementar dos recursos tradicionais, mas dentro da aula.
- ☐ 4. Principal em sala de aula, devendo os recursos tradicionais ser secundários.
- ☐ 5. Único excluindo os recursos tradicionais.

H. Uma experiência de Realidade Virtual no processo de ensino/aprendizagem em Geometria Descritiva deve:

- ☐ 1. Definir apenas visualizações do espaço sem solicitar ações nem interações.
- ☐ 2. Definir precisamente as ações e interações a realizar.
- ☐ 3. Definir genericamente as ações e interações a realizar.
- ☐ 4. Definir algumas ações e interações a realizar deixando outras para exploração livre.
- ☐ 5. Permitir uma exploração completamente livre por parte do utilizador.

### PARTE 3

Nesta parte do questionário pretende-se que deixe comentários ou sugestões no sentido de propor melhorias a este tipo de experiência, bem com propor novos tipos de experiências de Realidade Virtual que entenda úteis no contexto da geometria descritiva.

## QUESTIONÁRIO – CULTURA DA ARQUITETURA E DA CIDADE

O presente questionário tem por objetivo avaliar uma experiência de utilização de Realidade Virtual no ensino da Cultura da Arquitetura e da Cidade, no âmbito de uma dissertação de mestrado em Arquitetura do aluno Josemar Pina.

Os dados recolhidos não se destinam a divulgação pública.

Agradece-se a sua participação.

## PARTE 1

A. Como caracteriza o nível de imersão da experiência?

- ☐ 1. Nada imerso.
- ☐ 2. Pouco imerso.
- ☐ 3. Imerso.
- ☐ 4. Bastante imerso.
- ☐ 5. Totalmente imerso.

B. Como caracteriza o modo de navegação da experiência?

- ☐ 1. Extremamente Difícil.
- ☐ 2. Difícil.
- ☐ 3. Nem difícil nem fácil.
- ☐ 4. Fácil.
- ☐ 5. Extremamente Fácil.

C. Como caracteriza o nível de conforto/desconforto na experiência?

- ☐ 1. Completamente desconfortável.
- ☐ 2. Desconfortável.
- ☐ 3. Nem desconfortável nem confortável.
- ☐ 4. Confortável.
- ☐ 5. Completamente confortável.



D. Como caracteriza o modo como foram descritas as ações solicitadas na experiência?

- ☐ 1. Completamente incompreensível.
- ☐ 2. Incompreensível.
- ☐ 3. Compreensível.
- ☐ 4. Bastante compreensível.
- ☐ 5. Completamente compreensível.

## PARTE 2

Comente as afirmações, reportando-se à experiência realizada.

A. O realismo do ambiente em realidade virtual é determinante para o entendimento da experiência sensorial da iluminação (interior e exterior) de um edifício.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

B. A imersão no ambiente de Realidade Virtual potencia o entendimento da escala de um edifício.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

C. A realidade virtual facilita o entendimento do conceito estético de Sublime.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

D. A imersão no ambiente de Realidade Virtual permite ultrapassar as limitações da representação do espaço através de desenhos e maquetas.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

E. A imersão no ambiente de Realidade Virtual potencia o entendimento de edifícios históricos não construídos.

- ☐ 1. Discordo completamente.
- ☐ 2. Discordo.
- ☐ 3. Não concordo nem discordo.
- ☐ 4. Concordo.
- ☐ 5. Concordo inteiramente.

F. Como recurso, no processo de ensino/aprendizagem em Cultura da Arquitetura e da Cidade, a realidade virtual deve ser considerada um recurso:

- ☐ 1. Dispensável.
- ☐ 2. Complementar dos recursos tradicionais, mas fora da aula.
- ☐ 3. Complementar dos recursos tradicionais, mas dentro da aula.
- ☐ 4. Principal em sala de aula, devendo os recursos tradicionais ser secundários.
- ☐ 5. Único excluindo os recursos tradicionais.

### PARTE 3

Nesta parte do questionário pretende-se que deixe comentários ou sugestões no sentido de propor melhorias a este tipo de experiência, bem com propor novos tipos de experiências de Realidade Virtual que entenda úteis no contexto da história da arquitetura.

